

Bachelor Thesis

KONZEPTION UND ENTWICKLUNG EINER WEARABLE-COMPUTING-ANWENDUNG

vorgelegt von:

Thea Schrenk

im Studiengang Medien und Informationswesen

Sommersemester 2015

Erstbetreuer:

Prof. Dr. rer. nat. Tom Rüdebusch

Zweitbetreuer:

Prof. Dr. rer. pol. Volker Sänger



HOCHSCHULE OFFENBURG
FAKULTÄT MEDIEN UND INFORMATIONSWESSEN



Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	VII
1. Aufbau und Zielsetzung	9
2. Internet der Dinge	11
2.1. Definition und Geschichte	11
2.2. Anwendungsgebiete	13
2.2.1. Logistik	13
2.2.2. Healthcare	14
2.2.3. Smart Home	15
2.2.4. Automobil	17
2.2.5. Ambient Assisted Living	18
2.2.6. Industrielle Produktionen /Industrie 4.0	19
2.3. Abgrenzung	20
2.3.1. Grundlegende Technologien und Konzepte	20
2.3.1.1. Informations- und Kommunikationstechnologie	20
2.3.1.2. M2M-Kommunikation	21
2.3.1.3. Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS)	22
2.3.1.4. Eingebettete Systeme	23
2.3.1.5. Cyber-Physische Systeme	24
2.3.1.6. Künstliche Intelligenz	25
2.3.2. Weiterführende Ideen und Projekte	27
2.3.2.1. Internet der Dienste	27
2.3.2.2. Web of Things	27
2.3.2.3. Projekt G-Lab	29
2.4. Auswirkung auf die Gesellschaft	29
2.5. Zukunft	30
3. Wearable Computing	33
3.1. Definition und Einteilung	33
3.2. Beispiele	34
3.2.1. Eingabegeräte: iSkin und Hairware	35
3.2.2. Mode: Elektrocouture und Volverii Timeless	36
3.2.3. Universal design: Lechal	37
3.2.4. funktionsfähige Kleidung: Hövding - Airbag für Radfahrer	37

3.2.5.	Gesundheit: Valedo und BitBite	38
3.2.6.	nutzlose Anwendungen	39
3.3.	Anforderungen an Wearables	41
3.4.	Entwicklungsgrundlagen	42
3.4.1.	Ergonomieprinzipien	42
3.4.2.	Konzeptionsprinzipien	44
3.5.	Bausteine	45
3.5.1.	Prozessor	45
3.5.2.	Eingabe	45
3.5.3.	Ausgabe	46
3.5.4.	Kommunikationselemente	46
3.5.5.	Stromversorgung	46
3.6.	Sicherheit	47
3.7.	Wearables im Universellen Design	49
3.8.	Einfluss auf die Mensch-Computer-Interaktion	51
4.	Arduino für Wearables	53
4.1.	Hardware	53
4.1.1.	Arduino	53
4.1.2.	Tinyduino	54
4.1.3.	Andere	55
4.1.4.	RedBearLab Blend	57
4.2.	Sensorik/Aktorik	58
4.3.	Kommunikation	60
4.3.1.	QR-Code	60
4.3.2.	RFID und NFC	61
4.3.3.	WLAN	62
4.3.4.	GPRS	63
4.3.5.	Bluetooth	63
4.3.6.	ZigBee	65
4.4.	Software	66
4.5.	Community	66
5.	Idee und Umsetzung einer Anwendung	69
5.1.	Eigene Ideen	69
5.1.1.	Intelligenter Schrank	69
5.1.2.	Brillen-/Schlüsselfinder	69
5.1.3.	Digitaler Kassenzettel	70

5.1.4.	WG-Organisation	70
5.1.5.	Erinnerungsbildschirm.....	70
5.1.6.	Rauchmelder.....	71
5.1.7.	Waschmaschine - erkennen was nicht rein darf.....	71
5.2.	Projektidee	72
5.3.	Anwendungsfälle.....	72
5.3.1.	Anwendungsgebiete.....	73
5.3.2.	Use Case	74
5.4.	Zieldefinierung.....	75
5.5.	Konzept.....	76
5.6.	Auswahl der Komponenten	77
5.6.1.	Prozessor und Kommunikation	77
5.6.2.	Sensor.....	78
5.6.3.	Aktor.....	79
5.6.4.	APP.....	79
5.7.	Zusammenbau	79
5.7.1.	Aufbau der Schaltkreise	80
5.7.2.	Einbau in die Tasche.....	82
5.8.	Implementierung.....	85
5.8.1.	Mikrocontroller.....	85
5.8.1.1.	Sensorauswertung	86
5.8.1.2.	Vibrationsansteuerung	86
5.8.1.3.	Kommunikation mit App	87
5.8.2.	App.....	89
5.8.2.1.	Funktionalitäten der App	89
5.8.2.2.	Kommunikation mit Mikrocontroller	90
5.9.	Aufgetretene Probleme	91
6.	Zusammenfassung und Fazit	93
	Literaturverzeichnis	97
	Anhang	103

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anzahl Vernetzter Geräte bis 2020 [5].....	12
Abbildung 2: Zugangstechnologien - SmartHome [11]	15
Abbildung 3: Oomi Smart Home System [12]	16
Abbildung 4: Oomi Touch [12]	16
Abbildung 5: Intelligente Verkehrssysteme mit vernetzten Autos [14]	17
Abbildung 6: SafeWander [17].....	18
Abbildung 7: Die vier Stufen der industriellen Revolution [18]	19
Abbildung 8: M2M Marktlösungen [21]	21
Abbildung 9: Zwiebschalenstruktur von Cyber-Physischen Systemen [27]	24
Abbildung 10: Entwicklung von eingebetteten systemen zum IoT [28].....	25
Abbildung 11: Memristor-Schaltkreis [31]	26
Abbildung 12: GaaS Konzept [36]	28
Abbildung 13: iSkin [44].....	35
Abbildung 14: Hairware [45]	35
Abbildung 15: ElektroCouture [46].....	36
Abbildung 16: Volvorii Timeless [47].....	36
Abbildung 17: Lechal [49]	37
Abbildung 18: Funktionsweise [49]	37
Abbildung 19: Hövding [50].....	37
Abbildung 20: Valedo [51].....	38
Abbildung 21: BitBite [52]	38
Abbildung 22: Belty [54].....	39
Abbildung 23: SensorNails [55]	40
Abbildung 24: Datenklau über Cloud [60]	48
Abbildung 25: Datenklau beim Übertragen [60].....	48
Abbildung 26: direkter Zugriff [60].....	48
Abbildung 27: Universal Design Toolkit[63]	50
Abbildung 28: Arduino Uno [65].....	53
Abbildung 29: Arduino LilyPad [65].....	54
Abbildung 30: TinyDuino.....	54
Abbildung 31: TinyDuino [66].....	54
Abbildung 32: TinyLily [66].....	55
Abbildung 33: Adafruit Flora [68]	55

Abbildung 34: Arduino Gemma [68].....	56
Abbildung 35: Adafruit Trinket [68]	56
Abbildung 36: Microduino [70]	56
Abbildung 37: Blend [71].....	57
Abbildung 38: BlendMicro [71].....	57
Abbildung 39: TinyScreen [66].....	59
Abbildung 40: Logo "B ³ - Back backing Bag"	72
Abbildung 41: Use-Case-Diagramm	75
Abbildung 42: Übersicht Aufbau B ³ -Tasche.....	76
Abbildung 43: Schaltplan	80
Abbildung 44: Steckplatine	81
Abbildung 45: Breadboard Aufbau.....	82
Abbildung 46: Lochrasterplatine Planungsgrundlage und gelötete Platine.....	82
Abbildung 47: Trägerelement Variante 1 - Konstruktion und Ummantelt.....	83
Abbildung 48: Trägerelement Variante 2	83
Abbildung 49: Trägerelement Variante 3 - Sensorplatzierung und ganzes Element.	84
Abbildung 50: handlich verpacktes Modul	84
Abbildung 51: Startseite App mit drei verschiedenen Taschengewichten	89
Abbildung 52: Einstellungen Körpergewicht	90
Abbildung 53: Einstellung Zeitspanne	90
Abbildung 54: Einstellungen Vibration	90

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bluetooth Versionen.....	64
Tabelle 2: Leistungsklassen Bluetooth	64
Tabelle 3: textuelle Use-Case-Darstellung	74

Abkürzungsverzeichnis

BLE	<i>Bluetooth Low Energy</i>
Cisco IBSG	<i>Cisco Internet Business Solution Group</i>
CPS	<i>Cyber-Physische Systeme</i>
GPRS.....	<i>General Packet Radio Service</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GUI	<i>Graphic User Interface</i>
HCI.....	<i>Human Computer Interaction</i>
HMD.....	<i>Head Mounted Display</i>
HMI	<i>Human Maschine Interface</i>
ICT	<i>Information and Communication Technology</i>
IDE	<i>Integrierte Entwicklungsumgebung</i>
IEEE.....	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
IuK.....	<i>Informations und Kommunikationstechnologie</i>
M2M.....	<i>Maschine to Maschine</i>
MMI	<i>Men-Maschine-Interface</i>
MMS	<i>Mensch-Maschine-Schnittstelle</i>
NFC	<i>Near Field Communication</i>
P2P	<i>Peer to Peer</i>
PaaS.....	<i>Platform as a Service</i>
QR.....	<i>Quick Response</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
RX	<i>Receiver</i>
SOAP	<i>Simple Object Access Protocol</i>
SSID	<i>Service Set Identifier</i>
TX	<i>Transmitter</i>
UMTS.....	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i>
UUID	<i>Universally Unique Identifier</i>
WEP.....	<i>Wired Equivalent Privacy</i>
WPA.....	<i>Wi-Fi Protected Access</i>
WSDL	<i>Web Services Description Language</i>

1. Aufbau und Zielsetzung

Geräte kommunizieren und Gegenstände werden durch Computer mit Intelligenz ausgestattet. Dadurch wird die Umwelt immer vernetzter und fähiger. Dieses Zusammenspiel wird Internet der Dinge genannt und etabliert sich immer mehr in jeglichen Bereichen des Lebens. Viele der intelligenten und vernetzten Dinge sind tragbare Anwendungen, sogenannte Wearables.

In dieser Thesis wird im ersten Teil ein Überblick über das Internet der Dinge gegeben. Dabei geht es um den aktuellen Stand der Technik in diesem Bereich. Danach wird die Thematik Wearables aufgegriffen und bearbeitet. Der andere Teil der Arbeit ist die Entwicklung einer Wearable-Anwendung. Realisiert wird eine Gewichtsmessungseinheit an einer Handtasche. Diese gibt ihrem Nutzer Rückmeldungen über das Gewicht der Tasche und in wie weit dieses für das Körpergewicht des Anwenders im Rahmen eines gesunden Maßes ist.

Insgesamt lässt sich die Arbeit in sechs Kapitel aufteilen. Nach dem aktuellen Kapitel kommt das Kapitel über das Internet der Dinge (Kapitel 2), in welchem zuerst Definitionen und geschichtliche Hintergründe (Kapitel 2.1) thematisiert werden, um dann auf Anwendungsgebiete (Kapitel 2.2) einzugehen und die Abgrenzung zu anderen Begrifflichkeiten und Thematiken vorzunehmen (Kapitel 2.3). Im Laufe des Kapitels wird dann auch noch die Auswirkungen auf die Gesellschaft (Kapitel 2.4) und die Zukunft (Kapitel 2.5) eingegangen.

Im darauf folgenden Kapitel geht es um Wearable Computing (Kapitel 3). Bevor einige Beispiele für Wearables vorgestellt werden (Kapitel 3.2) wird die Thematik definiert und grundlegend dargestellt (Kapitel 3.1). Danach werden Anforderungen an Wearables (Kapitel 3.3) herausgearbeitet und Entwicklungsgrundlagen (Kapitel 3.4) dargelegt. Mit den vorgestellten Bausteinen (Kapitel 3.5) wird der Aufbau von Wearables erklärt. Eine wichtige Thematik ist die Sicherheit (Kapitel 3.6) bei solchen Anwendungen. Einen besonderen Blickwinkel bietet die Thematik Wearables im Universellen Design (Kapitel 3.7). Im letzten Unterkapitel wird auf den Einfluss der Wearables auf die Mensch-Computer-Interaktion (Kapitel 3.8) eingegangen.

Im Kapitel Arduino für Wearables (Kapitel 4) wird ein Überblick über Mikroprozessor und die dazugehörigen Bauteile, welche besonders für Wearables geeignet sind, gegeben. Neben Hardware (Kapitel 4.1), geht es auch um Sensorik und Aktorik (Kapitel 4.2) und Kommunikationsmöglichkeiten (Kapitel 4.3). Unabhängig von Wearables sind die Unterkapitel über Software (Kapitel 4.4) und Community (Kapitel 4.5).

Neben der wissenschaftlichen Erarbeitung des Themas wird eine Anwendung konzipiert und ein Prototyp erstellt. Diese wird im nächsten folgenden Kapitel (Kapitel 5) dokumentiert. Durch das Sammeln von einigen Ideen für eine Anwendung (Kapitel 5.1) ist eine Idee entstanden, die umgesetzt wurde. Die grundlegende Projektidee (Kapitel 5.2) wird erst vorgestellt und dann in einigen Kapiteln, Anwendungsfälle (Kapitel 5.3) und Zieldefinierung (Kapitel 5.4), zu einem Konzept (Kapitel 5.5) ausgearbeitet. Daraufhin wird die Auswahl der Komponenten (Kapitel 5.6) vorgestellt und der Zusammenbau (Kapitel 5.7) dokumentiert. Im Kapitel Implementierung (Kapitel 5.8) werden die grundlegenden Elemente der Programmierung der einzelnen Funktionen vorgestellt. Zum Schluss wird der

Prototyp ausgewertet und entstandenen Problemen werden aufgezeigt (Kapitel 5.9).

Im letzten Teil der Arbeit (Kapitel 6) werden die Ergebnisse zusammengefasst und ein Fazit gezogen.

Das Ziel dieser Arbeit ist in zwei Bereiche untergliedert. Zum einen soll ein Einblick in die Thematik gewährt werden, Zusammenhänge erklärt und Abhängigkeiten aufgezeigt werden. Zum anderen soll mit der Entwicklung eines Prototyp herausgefunden werden, wie einzelne Bauteile miteinander arbeiten, voneinander abhängig sind und kommunizieren. Außerdem geht es auch darum herauszufinden, welcher Weg zu einer erfolgreichen Anwendung führt.

2. Internet der Dinge

Kevin Ashton formulierte seine Idee hinter dem Begriff Internet der Dinge folgendermaßen:

"We need to empower computers with their own means of gathering information, so they can see, hear and smell the world for themselves, in all its random glory." [1]

2.1. Definition und Geschichte

Durch die Globalisierung wächst die Welt immer näher zusammen und globale Strukturen müssen organisiert werden. Neben Wirtschaft, Politik, Kultur und Umwelt gilt dies natürlich auch für die Kommunikation. Das Internet der Dinge erschafft hierfür eine völlig neue Dimension.

Schon 1999 wurde der Begriff "Internet of Things" von Kevin Ashton verwendet. Unter diesem Begriff sammelte er Gegenstände und Prozesse, welche selbstständig untereinander Informationen austauschen. [2] Die Idee dahinter ist, das Internet mit der Welt und die Welt mit dem Internet zu verknüpfen. Dabei können reale, greifbare Gegenstände Teil des Internets werden, mit Wissen versehen werden oder als Zugang zum Internet dienen. Das Internet wird über die gewohnten Peripheriegeräte hinaus ein Teil der physisch erfassbaren Welt. [3] Diese Gegenstände bilden ein informationstechnisches Netzwerk und zeichnen sich durch Selbstorganisation aus. [2]

Entweder wird die Vernetzung über große Serverumgebungen und Supercomputer gesteuert oder, und das ist der Weg über das Internet der Dinge, wird jeder Gegenstand mit Computer und somit einer Intelligenz ausgestattet, die es ermöglichen, dass sie sich selbstständig vernetzen und steuern. Dieser Weg führt somit weg von einer Zentrale, hin zu einem großen Netz. [3]

Aber das Internet der Dinge beinhaltet noch mehr. Neben der Fähigkeit durch Sensoren die Umgebung wahrzunehmen, besitzt diese Intelligenz auch die Möglichkeit darauf zu reagieren und mit diesen Informationen des Umfeldes zu arbeiten. Die Systeme können daher antworten und Aktionen auslösen. Das aufgebaute Netzwerk wird somit zu einem umgebungsintelligentem Raum, welcher auf die Bedürfnisse des Nutzers angepasst ist, diesen selbstständig unterstützt und den Alltag verändert. [2]

Das Internet der Dinge ist jedoch keine geschlossene Technologie.

Einige Hauptgesichtspunkte erfüllen die Technologien und Systeme des Internet der Dinge [2]:

- *Einbettung*: zahlreiche vernetzte Objekte werden in das Lebensumfeld des Menschen integriert
- *Umgebungssensitivität*: Objekte und technische Systeme nehmen den Nutzer in seinem Situationskontext wahr
- *Personalisierung/Individualisierung*: Objekte und technische Systeme können entsprechend der Nutzeranforderungen maßgeschneidert konfiguriert oder ausgelegt werden

- **Adaptierbarkeit:** Objekte und technische Systeme verändern sich entsprechend der an sie gestellten Anforderungen
- **Vorwegnahme:** Objekte und technische Systeme können in gewissem Rahmen Anforderungen des Nutzers vorausahnen

Das langfristige Ziel dabei soll sein, dass jeder Gegenstand, welcher mit einem Mikrocontroller ausgestattet ist, genau die Funktion hat, die dieser spezielle Gegenstand benötigt und keine unnötigen Zusatzfunktionen besitzt. Jedoch soll dieser dann mit allen andere Controllern und Sensoren kommunizieren können und ein gemeinsames Ganzes bilden. Eine verlorenen Brille könnte zum Beispiel durch diese Kommunikation im Raum lokalisiert werden, ohne extra mit einer GPS-Ortungsfunktion ausgestattet zu werden. Netzwerke wie diese bestehen schon im kleinen und mittleren Rahmen innerhalb von Häusern und Städten (smart homes/cities), die Zukunftsvision geht aber weit über diesen beschränkten Raum hinaus. Die benötigten technische Grundlagen sind schon durch die Einzelanwendungen vorhanden. Die fehlenden Komponenten hierbei sind übergreifende Standards und Anwendungen, die diese Vernetzung steuern können [4]. Oft wird hierbei von einer Killer-App gesprochen, welche alle möglichen Anwendungen steuern kann, sodass nicht mehr einzelne Steuerelemente nötig sind.

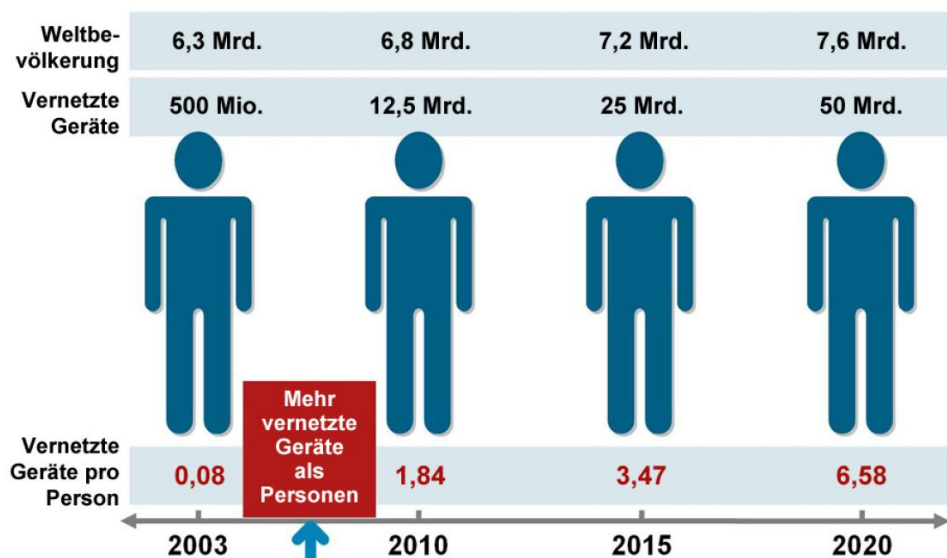


Abbildung 1: Anzahl Vernetzter Geräte bis 2020 [5]

Das Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) und die Cisco Internet Business Solutions Group (Cisco IBSG) schätzen, dass sich die Anzahl der miteinander vernetzten Geräte zwischen 2015 und 2020 verdoppelt. Sie erwarten einen Anstieg auf 50 Milliarden Geräte. Die Anzahl der entwickelten und verwendeten Einzelanwendungen steigt rapide.

Diese Entwicklung wird vor allem durch die Weiterentwicklung der Bestandteile möglich. Durch eine Miniaturisierung der einzelnen Bauteile, wie Sensoren, Kommunikationselemente (WLAN-Antennen, Bluetooth, RFID usw.) und Controllern, sowie der immer weiter fallende Preise wachsen die Möglichkeiten extrem und die Umsetzung wird immer einfacher. Seit vielen Jahren ist diese Entwicklung von der Industrie und Politik anerkannt und wird vorangetrieben. Für den Benutzer oft unbewusst ist das Internet der Dinge in unserem Alltag schon fest verwurzelt. [4]

2.2. Anwendungsgebiete

Das Internet der Dinge findet seinen Platz in verschiedenen Anwendungsgebieten und hat meistens dort auch eine eigene Bedeutung und Wichtigkeit. Im folgenden sollen einige Anwendungsgebiete vorgestellt werden.

2.2.1. Logistik

Das Internet der Dinge in der Logistik entstand durch eine Idee des Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik.

"Intelligente Geräte sollen denken lernen und Waren ihren Weg zum Ziel selbst organisieren"[6]

Durch die Ausstattung von Waren mit Kommunikationselementen und digitalen Speichern können diese ihren Weg selbstständig finden und Entscheidungen über den weiteren Verlauf treffen. Darüber hinaus ist es möglich diese Ware zu verfolgen und die genaue Position ist jeder Zeit abrufbar.

Jedoch lassen sich solche intelligente Systeme noch weit über die reine Navigation von Waren hinaus nutzen. Für viele Waren sind Komponenten wie Luftfeuchtigkeit und Temperatur zur Erhaltung der Qualität entscheidend. Zerbrechliche Waren können auf Erschütterungen hin überwacht werden.

Das Ziel ist eine dezentrale Struktur mit autonomen und interagierenden Instanzen zu schaffen. [6]

Ist dieses Ziel erreicht, so kann dadurch noch sehr viel mehr möglich gemacht werden. Kommt es zu Fehlern in den Warendaten, so wirken sich diese nicht mehr auf das vollständige System aus, sondern alleine auf die einzelnen Waren. [2]

Das Internet der Dinge ist für die Logistik ein enormer Fortschritt. Ein veraltetes System, das schon lange nicht mehr den Anforderungen gerecht wird, kann dadurch abgelöst werden.

Um dies umzusetzen, können Waren mit RFID-Tags ausgestattet werden, wodurch sie jederzeit auffindbar und lokalisierbar sind. Durch die hinzugewonnene Intelligenz steuern fortan nicht mehr die Systeme die Waren, sondern die Waren steuern die Transportsysteme von sich aus. Die dadurch erreichte Optimierung kann für die gesamte Logistik ein enormer Gewinn sein.

Ein hierfür schon lange bestehendes Beispiel ist die Paketverfolgung, die inzwischen von sämtlichen Zustellern online angeboten wird. Dieser Service wird über das zentrale System und die Registrierung an verschiedenen Stationen realisiert. Über Strichcodes werden die Pakete bei wechselndem Status neu registriert und mit der aktuellen Ortsinformation versehen. Mitarbeiter sind dabei schon lange nicht mehr in diesen Prozess involviert. Die Pakete kommunizieren mit entsprechenden Scangeräten selbstständig.

In etwas kleinerem Rahmen verwendet die Bosch Software Innovations für die Thematik Logistik sogenannte "Beacons". Sie können zum Beispiel über Bluetooth Low Energy direkt mit einem Smartphone kommunizieren und können so als Positionierungssystem in Räumen eingesetzt werden. Sie lokalisieren Geräte in der Umgebung und können mit ihnen kommunizieren. Eingesetzt in Supermärkten könnten Beacons Kunden anhand einer eingetragenen Einkaufliste durch den

Supermarkt führen. Über einen Grundriss des Ladens kann ein Weg vorgeschlagen werden und die benötigten Produkte werden hervorgehoben. Beim Verlassen des Ladens kann der Einkauf über RFID-Tags direkt gespeichert, die Zahlung per Smartphone abgewickelt und das interne Lagersystem kann direkt aktualisiert werden. [7]

2.2.2. Healthcare

IT-basierte Innovationen werden im Gesundheitswesen immer wichtiger. Als besondere Entwicklungen in diesem Bereich sind auch solche zu sehen, die auf der Grundlage des Internet der Dinge aufbauen.

Auch logistische Leistungen spielen in vielen Bereichen der Healthcare eine große Rolle. Durch eine Vernetzung von Dingen kann für Ärzte, Patienten und Pflegepersonal Vieles erleichtert und verbessert werden.

Zum einen können Lebenszyklen von medizinischen Werkzeugen, zum Beispiel OP-Besteck, überwacht und Hygienevorschriften nachempfunden werden. Zum anderen können Organspenden, Blutkonserven oder sensible Medikament auf Lagerung, Temperatur und Alter hin überprüft werden. Dadurch wird deren komplettes Management optimiert. Dies ist durch den Einsatz von Sensoren und RFID-Chips, die falls notwendig, die technische Voraussetzung für eine eindeutige Identifikation sind, möglich. Alle Daten können zusätzlich zentral abgespeichert werden und autorisiertes Personal kann jederzeit darauf zugreifen.

Durch gesicherte Informationsweitergabe und klare Identifikation kann die Qualität der Prozesse gesteigert werden. Beschleunigte Prozessabwicklungen und optimierte Abläufe senken die Kosten. [8]

Jedoch spielt das Internet der Dinge nicht nur in der Organisation von Krankenhäusern eine Rolle, sondern auch in der direkten Patientenüberwachung im täglichen Leben. Die Akzeptanz zum Tragen von Geräten, welche uns während des Sports oder im Alltag überwachen und zum Beispiel den Puls messen oder die Schritte zählen ist schon sehr hoch. Jedoch können mit entsprechenden Geräten noch sehr viel mehr Faktoren überwacht werden, die es ermöglichen, dass Ärzte Patienten engmaschig und detailliert betreuen können. Dafür können medizinische IoT-Geräte nicht nur am Körper getragen, sondern bei Bedarf auch kurzzeitig eingenommen oder dauerhaft implementiert werden. Nicht nur Gesundheitswerte können darüber beobachtet, sondern auch Medikamente kontrolliert gegeben oder Organe unterstützt werden. [9]

Ein interessantes Beispiel für eine Anwendung im medizinischen Bereich ist der von Intel entwickelte intelligente Rollstuhl.

„Die Medizin kann mich nicht heilen, deshalb muss ich mich auf die Technik verlassen“, Stephen Hawkins [10]

Mit dieser Motivation hat Stephen Hawking zusammen mit Intel-Ingenieuren über 10 Jahre an dem Connected Wheelchair Project gearbeitet. Hierfür wurden Applikationen entwickelt, die es ermöglichen, Vitaldaten zu beobachten. [10]

Eine andere Entwicklung kann es ermöglichen, die Einnahmen von Medikamente zu überwachen. Tabletten mit eingebauten Sensoren können rückmelden ob und wann Medikamente eingenommen wurden. Bei Nichteinnahmen kann wenn nötig der

Patient an die Einnahme erinnern werden. Diese Möglichkeit ist natürlich vor allem bei einnahmeunwilligen oder vergesslichen Patienten von Vorteil. [4]

Eine dritte Möglichkeit, bei dem das Prinzip des IoT sehr hilfreich ist, wäre die Sturzüberwachung von Patienten. Durch Bewegungsmelder und andere Sensoren kann ein Alarm bei, für einen Sturz typischen Bewegungen, ausgelöst werden. Aber auch emotionale Stabilität lässt sich durch Sensoren messen, wodurch eine Überwachung psychisch Erkrankter erfolgen kann. [4]

2.2.3. Smart Home

Die Wohnung ist warm, wenn man aus dem Urlaub kommt, ohne das die ganze Zeit geheizt wurde. Das Licht geht an und die Alarmanlage wird ausgeschaltet, wenn der Bewohner sich seinem Haus nähert. Der Briefkasten sagt Bescheid, wenn Post da ist und unnötiges Laufen an den Gartenzaun entfällt. Der Rollladen geht dann hoch, wenn man wach wird und nicht jeden Morgen um die gleiche Uhrzeit. Die Lampe imitiert den Sonnenaufgang und weckt sanft auf.

Ein Wohnraum, welcher mit einer eigenständigen Intelligenz ausgestattet ist, nennt man Smart Home. Synonyme für diesen Begriff sind unter anderem Connected Home, Smart Environment, Elektronisches Haus und Home of the Future.

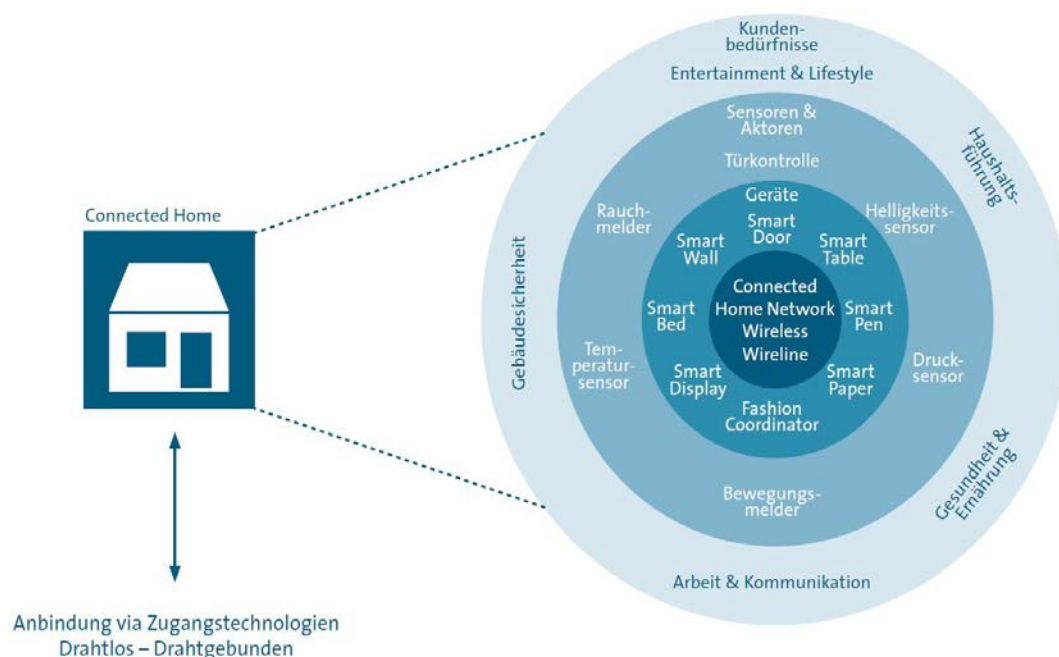


Abbildung 2: Zugangstechnologien - SmartHome [11]

Die Grafik beschreibt die verschiedenen Elemente eines Smart Home. Beginnend am äußeren Kreis wird in die Bereiche Gebäudesicherheit, Kundenbedürfnisse und Entertainment & Lifestyle, Haushaltsführung, Gesundheit & Ernährung und Arbeit & Kommunikation unterteilt. Der zweite Kreis beinhaltet die technischen Fühler, also die Sensoren, eines Systems. Sie nehmen Informationen auf, damit diese weiter verarbeitet werden können. Der dritte Kreis fasst die Ausgabegeräte zusammen. Alles zusammen wird ein Netzwerk benötigt, über welches Informationen gesendet werden.

Ein SmartHome kann in zwei Bedürfnisfelder unterteilt werden. Auf der einen Seite steht die technische Infrastruktur eines Wohnraums und die Steuerung der im Haus eingebundenen elektrischen Systeme. Dazu gehören neben Heizung, Lüftung und Elektrik auch Licht, Zutrittsmanagement, Überwachung, Energiemanagement und Sanitär.

Auf der anderen Seite stehen Produkte und Dienste, welche auf die Hausbewohner bezogen sind. Dazu gehören Kommunikation, Haushaltsgeräte, Konsumelektronik und Geräte, welche zur Gesundheit und Pflege dienen.

Die Teilsysteme der beiden Gebiete sind mit Intelligenz ausgestattet und vernetzt. Dabei folgen diese dem allgemeinen Ziel des Internet der Dinge, führen Aufgaben eigenständig durch und kommunizieren mit den anderen Teilsystemen. [13]

Ein durch Crowdfunding finanziertes, neues System, ist das "oomi Smart Home System". Diese Anwendung unterscheidet sich von anderen, schon verbreiteten, Systemen dadurch, dass zur Nutzung ein Smartphone nicht mehr nötig ist. Verschiedene Sensoren, WLAN, Infrarotsender, eine Kamera und ein Z-Wave-Funksystem sind direkt in die Oomi Boy integriert. Während bei vielen üblichen Systeme nur ein Smartphone also Steuereinheit verwendet werden kann, soll das Oomi Smart Home System durch ein einfach und intuitiv bedienbares Tablet vor allem auch für nicht technikaffine Menschen nützlich sein. Durch NFC Tags werden neue Teilsysteme schnell hinzugefügt. [12]



Abbildung 4: Oomi Touch [12]

Neben einer Vielzahl von nützlichen Anwendungen im SmartHome-Bereich, welche Lampen, Steckdosen, Multimedia-Geräte und vieles mehr sinnvoll steuern können, gibt es auch einige schlecht umgesetzte Anwendungen.



Abbildung 3: Oomi Smart Home System [12]

Eine davon ist das Oort SmartHome, welches auch viele der oben genannte Funktionen hat. Jedoch kommuniziert es ausschließlich über Bluetooth. Durch dessen kurze Reichweite muss der Nutzer recht nah an die im Haushalt vorhandenen Geräte herangehen, um diese steuern zu können. Somit ist eine zentrale Steuerung nicht möglich und anstatt des Oort SmartHome Systems kann man die Geräte auch direkt bedienen.

Andere Anwendungen bieten die Möglichkeit Zugänge zum Haus wie Garagentor oder Eingangstür über Internet-verbundene Anwendungen zu steuern und bieten für diese Systeme kaum Sicherheitsvorkehrungen, wodurch sich sehr einfach Zugang zum Haus verschafft werden kann.

2.2.4. Automobil

In der Automobilindustrie spielt das Internet der Dinge an zwei Stellen eine Rolle. Zum einen kann durch den Einsatz von IoT-Elementen in der Produktion vieles vereinfacht werden. Zum anderen verändert sich durch diese die Nutzung und Bedienung von Fahrzeugen.

Um auszutesten, in wie weit die Einführung von neuen Technologien, insbesondere die Verwendung von RFID im Herstellungsprozess, sich positiv auf die Entwicklung und Herstellung von Fahrzeugen auswirken kann, hat die DaimlerCrysler AG einige Proof of Concepts durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Testreihen sollen zum einen helfen neue Richtlinien für Standardisierungsverfahren auszuarbeiten, zum anderen aber auch die Prozesse zu optimieren. [3]

Die jedoch für den Endnutzer sehr viel interessantere Seite ist die andere. Wie lassen sich neue Technologien in Fahrzeuge integrieren? Wie verleiht man ihnen mehr Intelligenz, autonome Handlungsmöglichkeiten und ein Zugewinn an Informationen, die der Mensch so in kurzer Zeit nicht wahrnehmen könnte?

In wohl keinem Bereich, in dem die Integration von Technologien unter dem Oberbegriff Internet der Dinge diskutiert wird, ist die Angst vor einem Verlust an Privatsphäre so hoch.

Es gibt eine Vielzahl von Möglichkeiten das Auto der nahen Zukunft intelligent auszustatten. Neben Multimediaanwendungen, welche zentral über eingebaute Bildschirme, Schalter am Lenkrad oder in das Auto integrierte Smartphone gesteuert werden können, wird an Anwendungen geforscht, welche ein intelligentes Verkehrsnetz aufbauen. Durch Informationen im und außerhalb des Autos kann es zu grundlegenden Veränderungen im Verkehrssystem kommen. Dazu zählen die internen Faktoren, wie Geschwindigkeit, Spritverbrauch und GPS-Standort und die externe, wie Ampelphasen, Verkehrslage, Benzinpreise und erlaubte Geschwindigkeiten. Dadurch besteht die Möglichkeiten ein intelligentes Verkehrsleitsystem zu konzipieren.



Abbildung 5: Intelligente Verkehrssysteme mit vernetzten Autos [14]

Außerdem kann die Sicherheit durch ein neues allumfassendes Überwachungssystem enorm erhöht werden. Durch die Verbindung vieler einzelnen Elemente, welche lernen miteinander zu kommunizieren, kann neue Sicherheit geschaffen werden. Dazu gehört das Messen von Abständen rund um das Auto bis zu Hindernissen, 360°-Kameras, welche einen besseren Blick bieten, und die Überwachung der im vorausgehenden Verkehr auftretende Veränderungen über GPS oder Infrarot. [15]

2.2.5. Ambient Assisted Living

Der Bereich "Ambient Assisted Living" vereint Anwendungen, welche vor allem älteren oder behinderte Menschen nützlich sind. Ziel ist es ein eigenständiges Leben in gewohnten Umfeld länger zu ermöglichen. Hierfür werden neue Technologien und Kommunikationsmöglichkeiten eingesetzt. Diese Thematik ist mit Blick auf die älter werdende Gesellschaft ein wichtiger Aspekt. [2]

Grundlage des "Ambient Assisted Living" ist die "Ambient Intelligence". Dieser Begriff beschreibt das Vorhandensein von einem digitalen Umfeld, welches Menschen nicht nur registriert, sondern auch sensibel, anpassungsfähig und auf deren Bedürfnisse reagierend ist. [16]

Viele Senioren haben den Wunsch möglichst lang und möglichst selbstständig in ihrer gewohnten Umgebung zu bleiben. Um diesem Wunsch bei aufkommenden gesundheitlichen Einschränkungen zu respektieren, ist professionelle Betreuung und Pflege oft nur mit großen finanziellen Aufwand möglich.

Durch kleine Geräte können Senioren zum einen über ihre Vitalfunktionen überwacht werden, zum anderen kann die Wohnung in einem weiteren Sinn altersgerecht ausgestattet werden. Ein Installation eines Panik- oder Notrufknopfes ist oft der Beginn für ein Ambient Assisted Living und kann über Anwendungen wie Fallmatten, welche über Gewicht überprüfen ob jemand am Boden liegt, oder Herd-Kontrollen erweitert werden.

Außerdem gibt es Systeme, die es ermöglichen, dass Familienangehörige in bestimmten Situationen benachrichtigt werden. Andere ermöglichen eine Echtzeitüberwachung. [16]

Ein neues System, welches im April 2015 viel Aufmerksamkeit in den deutschen Medien geweckt hat, ist der "SafeWanderer".

Entwickelt wurde es von dem 16-jährigen Kenneth Shinozuka, welcher sich Sorgen um seinen an Alzheimer erkrankten Opa und die pflegenden Familienangehörigen machte. Dieser Großvater entwickelte die Angewohnheit mitten in der Nacht aufzustehen, das Haus zu verlassen und umher zu wandern. Dadurch schlief die Tante von Kenneth, die sich hauptsächlich um ihn kümmert, nicht mehr richtig.

Aus diesem Grund entwickelte Kenneth einen Socken, welcher ausgestattet mit einem Drucksensor an der Sohle, einen Alarm auslöst, sobald der Großvater aufsteht. In diesem Fall klingelt das Handy der Tante, wodurch sie schnell reagieren kann und somit verhindert, dass dem Senior was zustößt.

Inzwischen wurde der "SafeWanderer" schon in 13 Pflegeheimen in der USA getestet. Patienten, die oft mit Beruhigungs- oder Schlafmittel im Bett gehalten werden, können so besser beaufsichtigt werden.



Abbildung 6: SafeWander [17]

2.2.6. Industrielle Produktionen /Industrie 4.0

Deutschland ist ein Industriestandort, welcher weltweit exportiert und vor allem für gute Qualität und Zuverlässigkeit steht. Der Begriff Industrie 4.0 steht für die vierte deutsche industrielle Revolution. Die Erste wurde durch die Erfindung der Dampfmaschine eingeleitet. Die Zweite zeichnete sich durch die entstehende Massenfertigung aus und die Dritte war die digitale Revolution. Die Vierte soll nun im Folgenden erklärt werden.

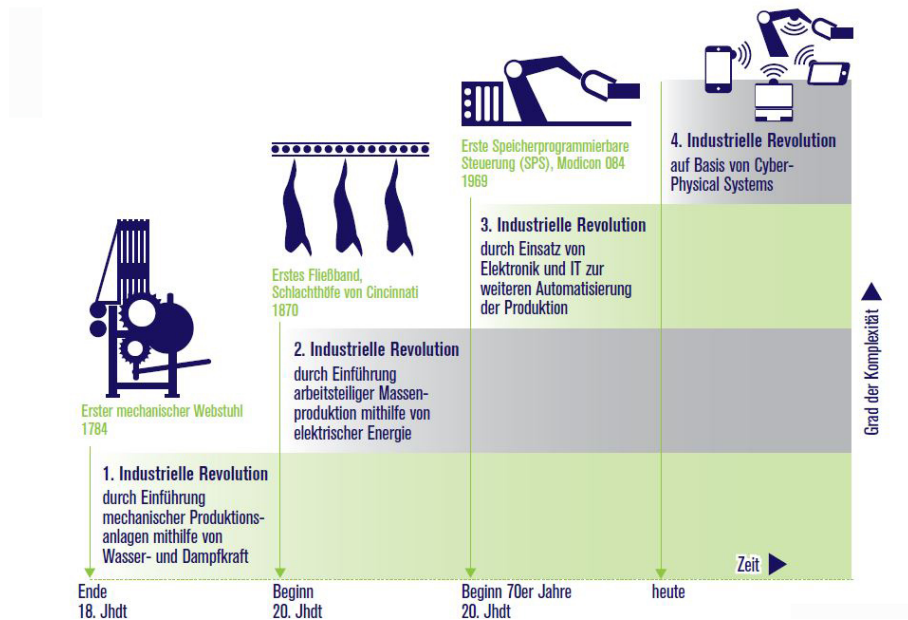


Abbildung 7: Die vier Stufen der industriellen Revolution [18]

Allein die geschichtlichen Bedeutung dieser Episoden und die Herleitung des Begriffs Industrie 4.0 zeigt, welche Wichtigkeit diese sich entwickelnde Revolution hat.

„Das Internet der Dinge und Dienste bietet ein immenses Innovationspotential für die Produktion. Wenn es uns jetzt gelingt, auch die webbasierten Dienstleistungen in Industrie 4.0 zu integrieren, haben wir dieses Potenzial ideal erweitert.“ Dr. Johannes Helbig, Deutsche Post AG [18]

Hinter der Industrie 4.0 stehen einige wichtige Entwicklungsprozesse. Das Internet der Dinge hat einen entscheidenden Einfluss auf die Industrie 4.0, welche ohne diese nicht zu der genannten Wichtigkeit gekommen wäre.

Produktions- und Wertschöpfungsprozesse können durch Cyber-Physische Systeme innovativ gestaltet werden. Durch die Umgestaltung dieser Prozesse können massive Effizienz- und Produktivitätssprünge gemacht werden. Für die deutsche Wettbewerbsfähigkeit ist dies entscheidend. [19]

Ein weiterer Faktor, welcher das Wachstum ermöglicht, ist die Einführung der IPv6-Adressen. Dadurch ist die Menge der IP-Adressen so groß, dass eine nahezu unendliche Anzahl Geräte selbstständig ins Netz eingefügt werden können und die dadurch entstehenden Vernetzungsmöglichkeiten sind groß. Dadurch kann jedes eingefügte technische Gerät mit jedem beliebigen anderen Gerät Informationen austauschen. Diese Geräte sind Maschinen oder Produktionsbestandteile. [19]

2.3. Abgrenzung

Der Begriff "Internet der Dinge" wird sehr häufig im Zusammenhang mit einigen weiteren Begrifflichkeiten genannt. Dabei ist nicht immer klar definiert, was mit welchem Begriff gemeint ist. Im Folgenden sollen die Bezeichnungen erklärt und voneinander abgegrenzt werden. Dabei geht es zum Teil um grundlegende Technologien und Konzepte, jedoch auch um Netzwerksysteme oder neue, weiterführende Ideen.

2.3.1. Grundlegende Technologien und Konzepte

Die Informations- und Kommunikationstechnologie ist die Grundlagentechnologie des Internet der Dinge. Maschinen-zu-Maschinen Kommunikation behandelt die Interaktion zweier gleichartiger Geräte. Die Mensch-Maschinen-Schnittstelle behandelt die Kommunikation zwischen Maschinen und Menschen. Und eingebettet Systeme sind Mikrocontroller, welche in Geräten eingebaut sind. Diese weiterentwickelt stellen Cyber-Physische Systeme dar. Im Folgenden sollen diese Begriffe genauer untersucht werden.

2.3.1.1. Informations- und Kommunikationstechnologie

Dieser Überbegriff, der für die Technik der Kommunikation und Informationsübertragung im Allgemeinen steht, wird so schon seit vielen Jahren definiert.

Der Begriff setzt sich aus den beiden Einzeltechnologien zusammen, welche immer mehr zusammenwachsen. Heute werden sie nicht mehr getrennt voneinander behandelt, da die beiden Techniken nicht mehr an erster Stelle stehen, sondern das Zusammenspiel beider. Die Kommunikations- und Informationstechnologie wird häufig mit IuK oder ICT (information and communication technology) abgekürzt. [20]

Die technologischen Prinzipien dahinter haben sich in den letzten 25 Jahren mit der Entwicklung der Telekommunikationstechnologie komplett geändert.

In den Jahren der Entwicklung sind nur die Gebiete, in die sich die Informations- und Kommunikationstechnologie einteilt, dieselben geblieben. Zum einen geht es um die Übertragung von Informationen von einem Ort zum anderen, also der Kommunikation. Ein anderes Gebiet ist die Speicherung von Daten. Und als drittes Teilgebiet lässt sich die Umformung der Daten, also die Anwendung von Algorithmen, definieren.

In der Informations- und Kommunikationstechnologie fungieren heute Sensoren und Aktoren als digitale Schnittstelle zur physischen Welt. Die Weiterentwicklung hat verschiedene Ziele. Anwendungen sollen immer schneller, kleiner und handlicher werden. [21]

Diese Entwicklung hat auch negative Gesichtspunkte. Wissen ist ein entscheidendes Gut für die Wirtschaft, sowie für Jeden. Auch wenn es sehr positiv und weiterbringend ist, dass Informationen inzwischen überall und zu jeder Zeit abrufbar sind, so ist jedoch die Halbwertszeit von Wissen stetig am sinken. Daher ist es für die Gesellschaft entscheidend geworden, dass die Bereitschaft für lebenslanges Lernen vorhanden ist und auch unterstützt und gefördert wird. Wäre dies nicht vorhanden, so würden wir dauerhaft zurückbleiben. [22]

Das Internet der Dinge als Konzept kann klar der Informations- und Kommunikationstechnologie zugeordnet werden.

2.3.1.2. M2M-Kommunikation

Machine-zu-Maschine-Kommunikation beschreibt die Kommunikation zwischen Objekten oder Anwendungen der gleichen Art. Diese kann dabei über ein Kabelnetzwerk oder Wireless organisiert sein. Dabei können Informationen und Daten für den Endnutzer übertragen werden. Durch M2M-Systeme kann die Produktivität gesteigert, sowie Kosten reduziert und Sicherheit aufgebaut werden. Solche Systeme sind fern gesteuert und bieten daher Vorteile bei der Anwendung in einer für Menschen gefährdenden Umgebung.

M2M-Anwendungen werden in vielen industriellen Bereichen (Fernübersetzung, Zählungen, Fernüberwachung, Fuhrpark-Management, Sicherheit und Bankautomaten/ digitale Verkaufsstellen) eingesetzt. Dort wird ein großes Wachstum der vernetzten und zu Teil zentralisierten Anwendungen in den nächsten Jahren erwartet.

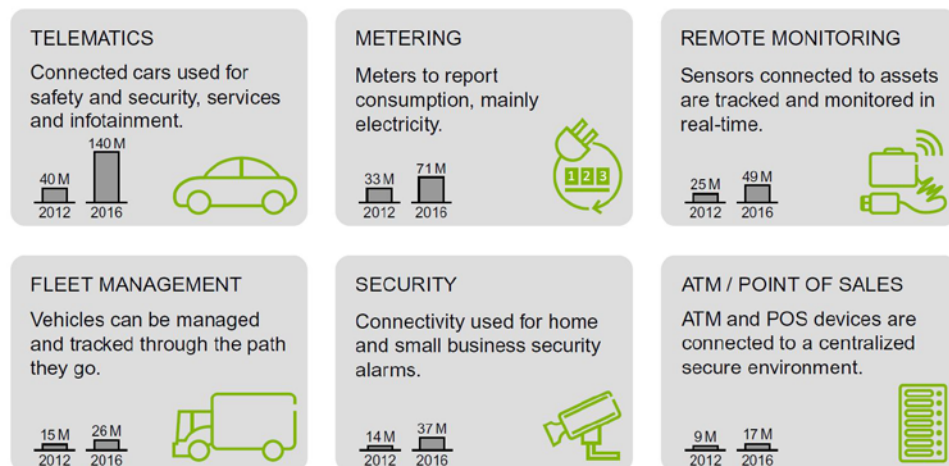


Abbildung 8: M2M Marktlösungen [21]

Normalerweise sind solche M2M-Systeme nicht dafür ausgelegt, Inhalte oder Daten direkt über das Internet weiter zu geben. Es werden hierfür geschlossenen Systeme bevorzugt. [21]

Diese Tatsache ist auch der entscheidende Unterschied zum Internet der Dinge. Während es bei der M2M-Kommunikation um die Übertragung von Daten von bestimmten Sendern zu bestimmten Empfänger geht, werden beim IoT gesammelte Daten zu Verfügung gestellt, um über das Internet darauf zugreifen zu können.

Ein weiterer Unterschied liegt darin, dass bei der typischen M2M-Kommunikation vorhandene Daten gesendet werden, während beim Internet der Dinge Prozessoren mit Sensoren ausgestattet sind, welche die Daten erst sammeln, um genau diese zu übertragen.

2.3.1.3. Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS)

Für die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine werden einige verschiedene Begriffe verwendet (Human-Computer-Interaction/Mensch-Computer-Interaktion (HCI), Men-Maschine-Interface (MMI), Human Maschine Interface (HMI), Benutzerschnittstelle). Alle sind gleichbedeutend verwendbar und beschreiben die Art der Kommunikation und Interaktion zwischen Mensch und Maschine, sowie auch den physischen Gegenstand (z.B. ein Lichtschalter), der die Interaktion möglich macht.

Heute ist eine solche Schnittstelle häufig ein Touchscreen oder ein Bildschirm mit den dazugehörigen Eingabegeräten. Diese haben die Aufgabe, Informationen, die der Nutzer an die Maschine weitergeben will, aufzunehmen, sowie Daten der Maschine dem Nutzer zugänglich zu machen. Wichtig hierbei ist, dass auf jede Aktion ein Feedback erfolgt.

In den Anfängen der Mensch-Maschinen-Interaktion lief die Kommunikation textbasiert ab und Nutzer mussten Kommandos zur Steuerung eingeben. Von dieser Benutzeroberfläche (Character User Interface) entwickelte sich die Form der Interaktion weiter bis hin zur graphischen Oberfläche (Graphic User Interface (GUI)), wie wir sie heute kennen. Durch die Visualisierung der Schnittstelle wurde der Computer für die breite Masse nutzbar gemacht. Eine intuitive Bedienbarkeit ist noch heute das wichtigste Ziel bei der Entwicklung von Soft- oder Hardware. Neben der visuellen Komponente in der Kommunikation gibt es auch die Möglichkeit über Gesten, akustische Elemente oder über Haptik zu kommunizieren. [23]

Donald Norman hat schon 1988 einige grundlegende Prinzipien des Designs einer Schnittstelle zwischen dem Menschen und seiner Umgebung formuliert und wie diese nutzerfreundlich gestaltet werden kann: [24]

- Use both knowledge in the world and knowledge in the head.
- Simplify the structure of tasks.
- Make things visible: Bridge the gulfs of execution and evaluation.
- Get the mapping right.
- Exploit the power of constraints, both natural and artificial.
- Design for error.
- When all else fails, standardize.

Diese Grundlagen, so alt sie auch schon sind, sind bedeutend für die Gestaltung der Kommunikation zwischen Mensch und Maschine.

In der Mensch-Computer-Interaktion geht es zum einen darum, die technischen Elemente zur Verfügung zu stellen und den Transport der Daten gewährleisten zu können. Zum anderen geht es jedoch auch um die Benutzerfreundlichkeit, die Bedienbarkeit, die Gestaltung und die Zugriffsberechtigungen. Man kann daher zusammenfassend sagen, dass es um Software genauso wie um Hardware geht. Die Benutzerschnittstelle ist auch im Internet der Dinge ein Element, dem Beachtung geschenkt werden sollte. Nur mit einem guten Interface werden Anwendungen nutzbar.

2.3.1.4. Eingebettete Systeme

Eingebettete Systeme sind die Grundlage für das Internet der Dinge. Einzelne Systeme, welche gemeinsam ein Netzwerk bilden, bauen sich zu einem Teil des IoT auf.

Eingebettete Systeme sind genauso Computer wie es Laptops, PC und Workstations sind. Dabei sind sie jedoch, wie der Name schon sagt, eingebettet in andere Geräte. [25]

Ralf Gessler definiert in seinem Buch "Entwicklung Eingebetteter Systeme" diese folgendermaßen:

„[Eingebettete Systeme sind] Rechenmaschinen, die für den Anwender weitgehend unsichtbar in einem elektrischen Gerät ‚eingebettet‘ sind.“ [25]

Des weiteren definiert er eindeutig die 3 Hauptmerkmale dieser Systeme:

1. Ein eingebettetes System führt eine Funktion (wiederholt) aus.
2. Es gibt strenge Randbedingungen bezüglich Kosten, Energieverbrauch, Abmessungen usw.
3. Sie reagieren auf ihre Umwelt in Echtzeit [25]

Ein Thermometer zum Beispiel misst immer wieder die Temperatur und gibt sie aus. Das ist meist, neben der Messung und Ausgabe anderer Parameter, die einzige Funktion. Normalerweise werden sie mit Batterie betrieben und nutzen energiesparende Kommunikationsmöglichkeiten, z.B. Funk. Thermometer haben eine kompakte Größe um sie unauffällig platzieren zu könne. Außerdem reagieren sie auf sich ändernde Temperaturen und aktualisieren ihre Anzeige.

Im Haushalt und Auto befinden sich sehr viele eingebettete Systeme. Zum Beispiel findet man diese Mikrocontroller in Kaffemaschinen, in Spülmaschinen, in Waschmaschinen, in anderen Haushaltsgeräten, sowie in Navigationssystemen. Außerdem sind sie natürlich auch in jede Form der moderne Unterhaltung, wie z.B. Spielkonsolen eingebaut. DVD-Player, Kameras und Radios werden auch über diese kleinen Computer gesteuert. Sie sind auch ein wichtiger Teil des Intelligenten Hauses, da Mikrocontroller z.B. Heizungen regulieren. Eingebettete Systeme werden in einer großen und stetig wachsenden Anzahl in der Kommunikationstechnik, Industrie, Automobilindustrie, Energietechnik, in den öffentlichen Verkehrsmitteln, der Sicherheit, der Medizintechnik und im Infotainment verwendet. [26]

Durch den Einsatz von eingebetteten Systemen in diesen Bereichen ist eine wichtige Grundlage des Internet der Dinge geschaffen. Wird es möglich all diese vorhandenen Anwendungen mit Kommunikationstechnologien auszustatten und somit diese steuerbar zu machen, hat man diese dem Internet der Dinge hinzugefügt und macht sie zu einem kleinen Teil eines großen Netzes.

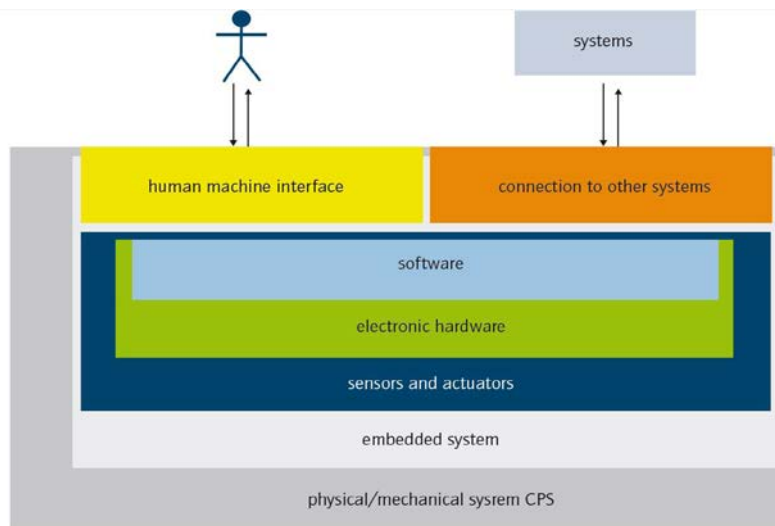
2.3.1.5. Cyber-Physische Systeme

Cyber-Physische Systeme (CPS) sind eingebettete Systeme, welche in weltweite Netze eingebunden sind und die Fähigkeit haben miteinander zu kommunizieren. Sie verbinden die digitale Welt mit der physikalischen. [27] Damit sind sie der grundlegende Baustein, der das Prinzip des Internet der Dinge verfolgt. Jedes Gerät und jede Anwendung, welche ein Teil des Internet der Dinge ist, ist ein kleines Cyber-Physisches System für sich. Erst durch die Erweiterung eingebetteter Systeme zu Cyber-Physischen Systemen ist ein Internet der Dinge möglich.

Dadurch eröffnen sich eine neue Vielzahl an Funktionen. Diese sind durch die Grundlage von leistungsfähiger Software und durch die Integration in das digitale Netz möglich. Auffallend ist, dass die Systeme multifunktional sein können. Während eingebettete Systeme eine Aufgabe haben, welche sie regelmäßig durchführen, können CPS mehrere Inputs und Outputs gleichzeitig verarbeiten. [27]

Cyber-Physische Systeme zeichnen sich durch ihre Interaktion mit der Umwelt aus. Sie interagieren auf drei verschiedenen Ebenen. Dies ist zum einen die Kommunikation einzelner Cyber-Physischen Systemen untereinander. Zum anderen ist es der Austausch von Daten von und zu Sensoren und Aktoren. Das System hört auf seine direkte Umgebung und interagiert mit dieser. Zum dritten ist es die Interaktion über das kompletten Netzwerk.

Ein Cyber-Physisches System ist ein "System of Systems". Dies bedeutet, dass es aus verschiedenen, ineinander integrierten, Untersystemen, wie dem eingebetteten System, den Aktoren und Sensoren, der Hardware und der Software, besteht. Es ist in einer Zwiebelschalenstruktur mit verschachtelten Elementen angeordnet. [27]



Acatech (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften)

Abbildung 9: Zwiebelschalenstruktur von Cyber-Physischen Systemen [27]

definiert Cyber-Physische Systeme folgendermaßen:

„Die physikalisch reale Welt wird durch Cyber-Physical Systems nahtlos mit der virtuellen Welt der Informationstechnik zu einem Internet der Dinge, Daten und Dienste verknüpft.“

Es handelt sich um eine dauerhafte Weiterentwicklung von eingebetteten Systemen über vernetzte eingebettete Systeme und über Cyber-Physische Systeme bis hin zur äußersten Ebene, dem Internet der Dinge. Diese Entwicklung zeichnet sich durch einen immer höheren Grad an Vernetzung aus. In der Abbildung 10 wird das Cyber-Physische System auf der dritte Ebene platziert und schließt die unter sich stehenden Ebene ein. Das Internet der Dinge ist dann der Zusammenschluss vieler einzelner CPS. [28]

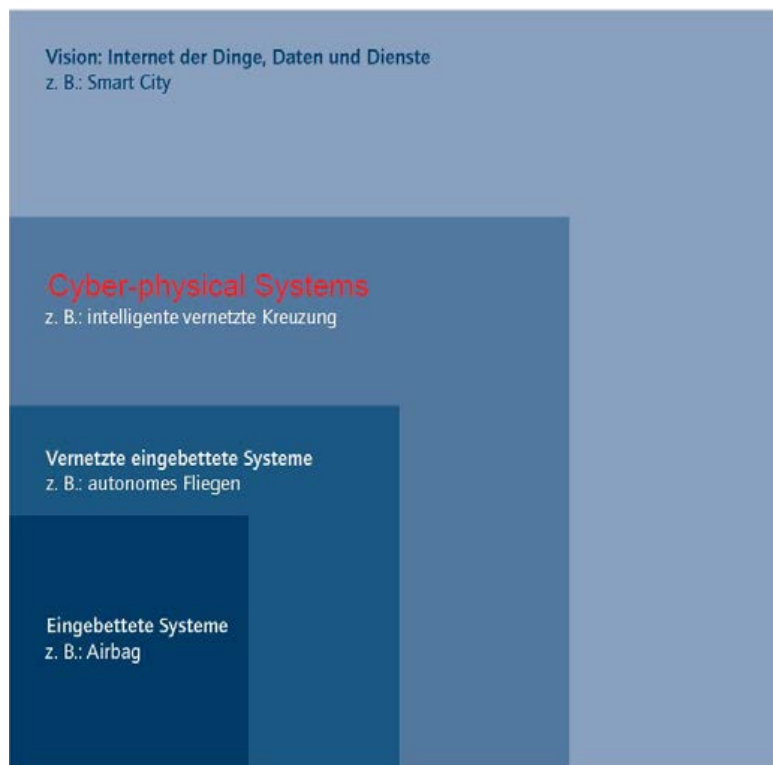


Abbildung 10: Entwicklung von eingebetteten systemen zum IoT [28]

2.3.1.6. Künstliche Intelligenz

Die künstliche Intelligenz wird häufig im Zusammenhang mit dem Internet der Dinge genannt. Doch eigentlich haben beide aktuell nichts miteinander zu tun.

Es gibt keine genaue und eindeutige Definition von künstlicher Intelligenz. Trotz Unklarheit ist man sich einig, dass künstliche Intelligenz ein Verhalten von Computern ist, welches dem menschlichen Verhalten sehr nahe ist. Daher geht es in diesem Forschungsgebiet darum Computern ein humanes Lernverhalten anzueignen. [29]

Ziel ist es, Dinge, die der Mensch im Moment noch besser kann, einem Computer beizubringen. Er soll Verhaltensweisen anwenden und fähig sein, sich selbstständig weiterzuentwickeln, zu lernen und auf Situationen zu reagieren. Ein Computer soll die Möglichkeit haben, mehr zu können, als nur einprogrammierte Algorithmen abzuspielen. [30]

Deshalb wird daran geforscht, auf welche Art das menschliche Gehirn nachgebildet werden kann. Der Aufbau eines neuronalen Netzes ist hierfür wichtig.

Forscher der University of California und der Stony Brooks University haben mit Hilfe von Memristoren einen Chip erschaffen, welcher einfache Muster erkennen kann. Memristoren sind Speicherbausteine, welche sich ohne angelegte Spannung Zustände merken können. Aus diesen wurde ein Netzwerk aufgebaut, welches nun in der Lage ist schwarz-weiß Bilder zu erkennen und einzuordnen. Diese Memristoren sind schon einige Zeit bekannt, als ein Speicherbaustein, welcher den menschlichen Synapsen sehr ähnlich ist. Ein Mensch hat über 100 Billionen Synapsen. Da das Ziel ist eine menschliche Gehirnleistung nach zu bauen, müssen

Memristoren enorm verkleinert und komprimiert werden.

Sollte es den Forschern möglich sein, diese Bauteile auf eine Größe von 30 Nanometern zu schrumpfen, so könnten sie Netzwerke mit 100 Milliarden Synapsen pro Quadratzentimeter in jeder Ebene schaffen. [31] Damit wäre ein großer Schritt in der Entwicklung künstlicher Intelligenz geschafft.

Warum nun das Internet der Dinge oft im Zusammenhang mit der künstlichen Intelligenz genannt wird, liegt in der Angst begründet, dass beide Gebiete sich vereinen könnten und Maschinen eine unbegrenzte, den Menschen übertreffende, Intelligenz entwickeln könnten. Durch die weltweite Vernetzung von künstlicher Intelligenz könnte es zum Ende der menschlichen Zivilisation kommen. Diese sehr dramatische Befürchtung ist zumindest in Ihren Grundzügen eine reale Gefahr, da eine computergestützte Intelligenz wenig moralische, ethische und soziale Werte haben wird, welche den Menschen in der Entscheidungsfindung beeinflussen.

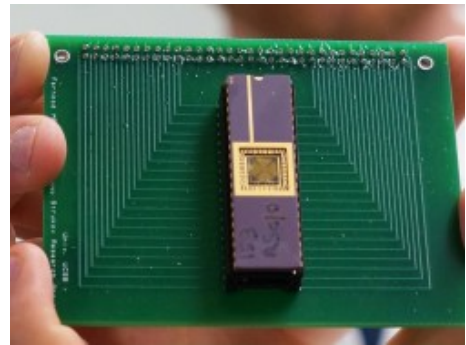


Abbildung 11: Memristor-Schaltkreis (Bild: Sonia Fernandez/ University of California) [31]

2.3.2. Weiterführende Ideen und Projekte

Mit dem Internet der Dinge entwickeln sich Ideen, die darauf aufbauen, bzw. eine Weiterentwicklung darstellen. Außerdem muss überprüft werden, in wie weit das aktuelle Internet den neuen Anforderungen gerecht wird.

2.3.2.1. Internet der Dienste

Für viele Unternehmen wird es zur Herausforderung die ständig steigende Menge an Daten zu verwalten und zu speichern. Verschiedene Internetdienste stehen dafür zu Verfügung. [32]

Das Internet der Dienste ist hierfür eine neue Entwicklung. Ziel ist es auf Plattformen webfähige Dienste bereitzustellen. Dienstangebote können auf diesen Plattformen zusammen gestellt werden und nach Anwendungsfall oder Branche sortiert dargestellt werden. Das Besondere an diesen Diensten ist ihr modularer Aufbau und die Kombinierbarkeit der verschiedenen Softwareelemente. [33]

Man kann den Gedanken, auf den das Internet der Dienste aufbaut, auch anders definieren. Christian Buck formuliert das in seinem Artikel "Der Dialog der Dinge" folgendermaßen: [34]

„Es [das Internet der Dienste] will das globale Computernetz in einen Treffpunkt von Software-Modulen verwandeln, die sich dank einheitlicher Schnittstellen problemlos zu höherwertigen Dienstleistungen zusammensetzen lassen.“

Beispielweise wurden 32, von zum Teil verschiedenen Herstellern stammende, Business-Objekte als Softwaremodule angeboten, welche verschiedene Aufgaben der Logistik übernehmen und miteinander kombinierbar sind. Dieses Angebot liegt auf einem Server des neuen Duisburger Freihafens, welcher sich durch diese neue Möglichkeit viel schneller als üblich in Betrieb nehmen ließ.

Für dieses Netzwerk gibt es schon verschiedene Anwendungsszenarios. Zum Beispiel kann bei Bedarf einer Dienstleistung eines Handwerkers eine Meldung an eine zentrale Stelle gesendet werden. Durch verschiedene, zusammengesetzte Softwaremodule kann der passende Handwerker gefunden werden. Dabei suchen diese nach verschiedenen Kriterien aus. Ein Modul wählt den fachlich richtigen Handwerker aus, das nächste sucht einen Handwerker aus der Nähe und das dritte Modul gleicht die Terminpläne ab. [34]

Zusammengefasst kann man sagen, dass das Ziel dieses neuen Netzwerkes ist, durch die Kombination vieler kleiner, eine große Dienstleistung anzubieten. Wie oben genannt ist hierbei die Grundvoraussetzung die gemeinsame Schnittstelle.

2.3.2.2. Web of Things

Das "Web of Things"-Konzept beinhaltet die Idee, Plattformen für die Anwendungen im Web zu kreieren. Damit ist es ein Teilgebiet des Internet der Dinge, welches sich um die standardisierte Einbindung von schon an das Internet angebundener Anwendungen kümmert. Es wird auch als ein Schritt hin zur Vision des Internet der Dinge gesehen. Dies bedeutet, dass das Web und die Web-Technologien als Mittel verwendet werde, intelligente Dinge mit dem Web zu verknüpfen. Da immer mehr

Geräte mit dem Internet verbunden sind, jedoch noch nicht mit diesem interagieren, ist es ein sinnvoller Weg, auf diese einfach im Internet zugreifen zu können. Standardisierte oder modularisierte Plattformen brauchen wenig Speicherplatz auf den kleinen eingebetteten Systemen und können über einfache Internetprotokolle wie HTTP zugänglich gemacht werden. Anstatt schwerer Webdienste wie SOAP/WSDL können HTTP oder Web 2.0 Techniken verwendet werden. [35]

Web of Things-Techniken basieren auf diesen und weiteren Softwarestandards und Frameworks, wie zum Beispiel das Representational State Transfer (REST). Das REST-Architekturmodell beschreibt die Funktionsweise des World Wide Web.

Wichtig ist, dass ein einheitlicher Standard entwickelt wird. Alle Anwendungen sollen miteinander kommunizieren können, wofür sie die gleiche Sprache sprechen müssen. Einfach nutzbare Software macht es möglich, dass die Bedienung dieser Anwendungen für jeden spielend erlernbar ist.

Das Web of Things ermöglicht, dass die vielfach geforderte Killer-App für das Internet der Dinge überflüssig wird, da für dieses eine schon vorhandene Technologie verwendet wird. Das World Wide Web.

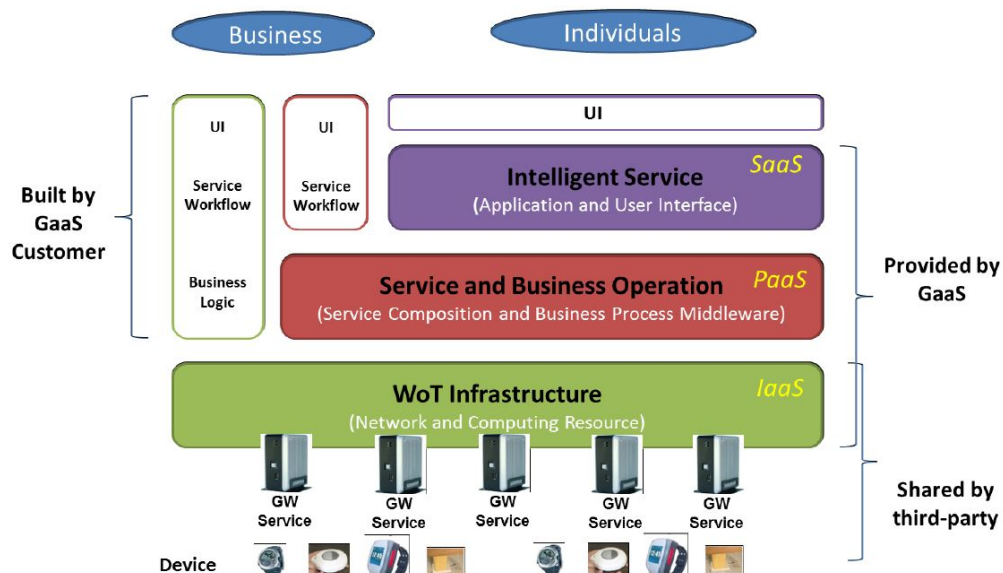


Abbildung 12: GaaS Konzept [36]

Gateway as a Service (GaaS) [36] ist ein Cloud Computing Framework für das Web of Things. In Abbildung 12 ist das Konzept dieser Web of Things-Plattform dargestellt. GaaS teilt sich in drei Ebenen auf: WoT Infrastructure, Service and Business Operation und Intelligent Service. Dies sind Abbildungen der bekannten Layer des Cloud Computing Schichtenmodells, bestehend aus Infrastructure as a Service (IaaS), Platform as a Service (PaaS) und Software as a Service (SaaS). Dieses Framework hat das Ziel, intelligente Geschäftsdienstleistungen bereit zu stellen.

Beim Internet der Dinge stellt sich die Frage, wie Dinge an das Internet angebunden werden können. Beim Web of Things hingegen geht es darum, wie Internet und Dinge miteinander verbunden werden und welche standardisierten Plattformen hierfür zur Verfügung gestellt werden können.

2.3.2.3. Projekt G-Lab

Die Experimentalplattform Germany-Lab (G-Lab) [37] ist ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördertes Projekt, im Rahmen dessen untersucht werden soll, ob für aufkommende neue Konzepte eine neue Architektur des Internets nötig ist oder ob das bestehende Konzept den Anforderungen gerecht wird.

Diese Forschung ist dringend nötig, da das Internet im Moment noch auf Technologien und Konzepte der 70er und 80er Jahre beruht, die den neuen Anforderungen an das Internet kaum mehr gerecht werden können.

Des Weiteren dient das G-Lab als Plattform um bestehende und neue Projekte zu testen und in realitätsnaher Umgebung durchzuführen.

Ziel ist es, neue Eigenschaften eines neues Internets zu realisieren. Dazu gehören folgende Punkte:

- Hohe Mobilität durch drahtlose Netze,
- Service Orientierung auf allen Netzebenen,
- Integration "existierender alter Dienste" wie Telefonie,
- Integration von Diensten mit Echtzeit-Anforderungen,
- Anbindung neuer Netztechnologien wie z.B. Sensornetze,
- Zusammenspiel von Systemen mit höchst heterogenen Ressourcen (von Sensoren bis zu Höchstleistungs-Rechnern) und unterschiedlichsten physikalischen Anbindungen (von Nahbereichskommunikation über GPRS bis zu Optischen Netzen, von LAN bis zu Satellitenverbindungen),
- Hohe Informationssicherheit und Ausfallsicherheit.

2.4. Auswirkung auf die Gesellschaft

Das Internet der Dinge ist ein hoch gelobtes Konstrukt, das viel Begeisterung auslöst. Aber es stellt sich trotzdem die Frage wie die Menschen mit der neuen Entwicklung umgehen und wie das Internet der Dinge wirklich in der Gesellschaft aufgenommen wird.

Es gibt verschiedene Punkte, die Bedenken auslösen: Die Hauptbefürchtung ist die Sicherheit. In wie weit werden Daten gesammelt? Was ist mit der Privatsphäre? Wer kann auf welche Daten zugreifen?

Außerdem werden Befürchtungen laut, dass durch die vielen Anwendungen in allen Situationen des Lebens, die in irgendeiner Weise an das Internet angebunden sind, jeder einzelne Schritt überwacht wird. Kann man dadurch immer und überall auffindbar sein? Und werden geographische Positionen, Vorlieben und Aktivitäten für Werbezwecke genutzt? Trotz dieser Bedenken gibt es positive Aspekte. Durch diese Überwachung kann ein Vorteil für viele Senioren, Kranke oder auch Kinder geschaffen werden kann. Aus Unselbstständigkeit wird eine länger anhaltendere oder früher überwachte Selbstständigkeit. Die Vorteile, die das vor allem für eine alternde und eine ungebundenere Gesellschaft bringt, sind enorm.

Zu jeder Zeit online, verbunden mit der Welt und abgeschottet von der realen Welt zu sein weckt Bedenken über einen eintretenden Verlust der sozialen Fähigkeiten eines

Einzelnen und der ganzen Gesellschaft. Auf der anderen Seite jedoch steht, dass durch die Integration der Systeme in den Alltag, die Aufmerksamkeit wieder weg von den mobilen Endgeräten, welche die Gefahr beinhalten, uns aus dem sozialen Leben auszuschließen, hin zu der realen Leben gelenkt wird.

Ob dies eine positive Entwicklung ist, muss abgewartet werden. Es besteht die Gefahr, dass durch eben diese Integration, eine Überforderung durch zu viele gleichzeitige Eindrücke entsteht. Mit dieser Entwicklung kommt daher, dass reines Wissen nicht mehr das entscheidende Gut der Gesellschaft ist. Viel wichtiger werden Fähigkeiten, wie die Begabung, Verknüpfungen zwischen Themen zu erstellen, weiter zu denken und zu kombinieren.

Eine weitere Angst ist, dass aus den kleinen Helfern des Internet der Dinge im Alltag ein übermächtiges System wird, welches die Gesellschaft steuert. Wichtig zur Akzeptanz in der Gesellschaft ist eine frühzeitige Schulung dieser Thematik, zum Beispiel in der Schule.

Ein wichtiger Punkt, der nicht vergessen werden darf, ist, dass die Technik hinter den Geräten, auf die wir uns verlassen, nur eine Technik ist, die auch ausfallen kann. Wenn der Blutzuckerspiegel eines Diabetikers aufgrund einer Fehlfunktion der Pumpe nicht mehr überprüft wird, kann das gefährlich werden. Wenn der berühmte selbstständige Kühlschrank aufgrund von technischen Problemen die Milch nicht mehr bestellt, kann es sein, dass man ohne Lebensmittel da steht. Wichtig ist, dass trotz all der hilfreichen Funktionen nicht der Verstand abgeschaltet wird. [38]

Das sind viele Bedenken, zum Teil direkt mit den Vorteilen verbunden. Aber das Ziel bei der Etablierung des Internets der Dinge muss sein, diese Bedenken ernst zu nehmen und dagegen anzusteuern. Zum einen natürlich durch Sicherheitsvorkehrungen gegen Datenspeicherung, Fremdnutzung und Überwachung, zum anderen durch gezielte Informationen an Unwissende und durch Ausräumen von Vorurteilen.

Ganz andere Punkte sind aber Bedienbarkeit und Komplexität. Neue Technologien werden von der großen Masse nur angenommen, wenn sie instinktiv bedienbar und wenig komplex sind. Daher ist die große Herausforderung bei der Entwicklung neuer Anwendungen, dass diese entsprechend konzipiert werden.

2.5. Zukunft

Die Zukunft des Internet der Dinge ist ein Traum mit vielen Vorstellungen, Möglichkeiten und Ideen. Bis dahin muss noch es eine große Entwicklung durchlaufen. Eigentlich ist das Internet der Dinge schon die Zukunft. Über die Zukunft der Zukunft zu reden macht wenig Sinn. Aber es gibt schon Vorstellungen, wie das Internet der Dinge sich entwickeln wird und was dadurch alles noch möglich sein wird. Der Vorstellung, wohin es gehen soll, ist auf jeden Fall klar. Alles soll digital, vernetzt und eigenständig handelnd werden.

Jedoch gibt es eine Zukunftsvisionen, die sich auf ein großes Themengebiet bezieht. Dabei geht es um die Nutzung von Bargeld. Die Vorstellung ist, über kurz oder lang, komplett ohne Bargeld auszukommen. Geplant sind Bezahlungen über NFC-Funktionen oder Apps und Chips, die Einkäufe registrieren und direkt mit dem Konto abrechnen. Vor allem bei Einzelhandelsketten ist das Interesse daran sehr groß. Denn über das "Cashless Payment" können Rabatt- und Sonderaktionen noch

besser umgesetzt und Kunden angelockt werden. [39]

Eine andere Idee bezieht sich auf die Umwandlung einer aktuellen gesellschaftlichen Entwicklung. Im Moment sind Nutzer bei neuen Anwendungen an einen Bildschirm gefesselt. Der Blick wird immer seltener auf die Umgebung gerichtet und hängt immer dauerhafter zum Beispiel am Smartphone-Screen. Neue Anwendungen sollen so integriert sein, dass sie nicht mehr Ablenken, sondern Unterstützen.

Das Internet der Dinge steht in den nächsten Jahren einigen Herausforderungen gegenüber. Die Erste ist der Preis der Verbindungsfähigkeit. Im Gegensatz zu Laptops und Smartphones, wird bei Internet der Dinge-Anwendungen mit einem längeren Lebenszyklus gerechnet. Dies bedeutet, dass über einen größeren Zeitraum Service gewährleistet werden muss, welcher diese Anwendungen teurer macht. Die zweite Herausforderung liegt in dem schwindenden Vertrauen an das Internet. Privatsphäre und Anonymität sind entscheidende Faktoren, die beachtet werden müssen. Dafür sind neue Sicherheitsvorkehrungen nötig, die die aktuellen ganz klar übertreffen. Eine weitere Aufgabe für jedes einzelne Unternehmen ist es, sich beständig im Markt zu etablieren. Dies ist wiederum aufgrund des längeren Lebenszyklus der Anwendungen schwer, da Produkte nicht so schnell wieder ersetzt werden. Die vierte Herausforderung besteht darin, Produkte zu erfinden, die sinnvoll sind. Bisher waren Anwendungen besonders, da sie vernetzt waren, unabhängig von ihrer Sinnhaftigkeit. Dies allein reicht nun nicht mehr aus, da die reine Vernetzung kein Verkaufsargument mehr ist. Ein anderes Thema wird die Diskussion um die Netzneutralität sein. Das Internet der Dinge wird von Befürwortern als eines der Elemente gesehen, die in Zukunft die Überholspur nutzen werden.

Die letzte Herausforderung sind die Geschäftsmodelle der Internet der Dinge-Ideen. Diese beinhalten meist gezielte Werbung und das Verkaufen von Daten. Aber diese Modelle funktionieren in der Informationstechnik oft nicht, da hier Ein- und Ausgaben häufig nah beieinander liegen. [40]

Es gibt noch viele Punkte, die es zu Bedenken gilt. Aber das Internet der Dinge hat gute Chancen sich sehr weit zu entwickeln.

3. Wearable Computing

3.1. Definition und Einteilung

Wearable Computing ist ein Forschungsgebiet aus der Informations- und Kommunikationstechnik, welches sich mit tragbaren, computergestützten Gegenständen beschäftigt. Man spricht bei den dabei entstehenden Anwendungen von Wearable Computers. Seit vielen Jahren sind Wearables, zum Beispiel Uhren, für uns alltägliche Begleiter.

Wearables sind Computersysteme die während der Anwendung am Körper getragen werden. Sie führen normalerweise selbstständig Aufgaben aus und der Nutzer trägt das System bei sich.

Im Gegensatz dazu sind Mobile Systeme, wie Smartphones oder Tablets, Computer, die zur Benutzung selbst bedient werden. Soll eine Anwendung genutzt werden, so steuert man diese über das entsprechende Gerät während der Anwendungsdauer und benutzt diese aktiv. Dies ist die entscheidende Abgrenzung der beiden Gebiete.

Wearables können Daten zwischenspeichern, um sie direkt oder später an andere Geräte zu schicken. Normalerweise muss die Technology nicht aktiviert werden, sondern ist ein Teil des Gegenstandes. Wearables sammeln Daten, die vom Nutzer oder der Umwelt ausgehen. [41]

Manche der bekannten tragbaren Anwendungen, wie zum Beispiel die Google Glass oder die Apple Watch, sind sehr komplex. Ein- und Ausgabe können über verschiedene Wege gemacht werden, je nach Bedürfnissen und gestalterischen Möglichkeiten. Für die Eingabe kann von einem oder wenigen Buttons bis hin zu ganzen Qwertz-Tastaturen, alles ermöglicht werden. Für die Ausgabe kann, wenn nötig über haptische Feedbacks, über Audioausgaben, über angepasst kleine Bildschirme oder über HMD (Head Mounted Displays) kommuniziert werden. Wearable Computers zeichnen sich dadurch aus, dass sie anpassbar sind. Neue Funktionen oder Programme können den Gegenstand verändern. [42] Dennoch unterscheiden sich auch die komplexen Wearables erheblich von mobilen Systemen.

Oft wird den Wearables noch ein Untergebiet zugewiesen. Dieses beinhaltet speziell die Geräte mit einfachen Funktionen und einer schmalen Funktionsbreite. Diese werden dann Wearable Electronics genannt. Meistens nehmen sie dabei einzelne Daten auf, die für den Anwender wichtig sind, z.B. die Anzahl der gegangenen Schritte. Wearable Electronics haben eine spezielle Funktion, mit nur einem Ziel, dass für eine bestimmte Zielgruppe wichtig ist. Solch eine Anwendung muss, um die richtige Funktionalität zu entfalten, am Körper des Anwenders getragen werden. [42] Werden die Daten komplexer, wie zum Beispiel der Insulinspiegel eines Diabetikers und die Anzeige des benötigten Insulins [41], wird dieses Untergebiet wieder verlassen.

Die meisten Wearables sind aus dem Bereich der Fitness und zeichnen Vitalitätsfunktionen beim Sport auf. Es gibt jedoch auch viele andere Anwendungsgebiete, wie z.B. im Gesundheitswesen, für Mode, für die direkte Eingabe und Steuerung von anderen Geräte und wenige Beispiele aus dem Universellen Design.

Wearables gibt es in verschiedenen Ausführungen und Tragevarianten. Neben Armbändern und Uhren, gibt es auch Kleidungsstücke, Kopfbedeckungen,

Modeaccessoires, Schuhe und Haut- und Haarapplikationen. Je nach Funktion werden für Anwendungen die besten Ausführungen ausgewählt.

Es gibt einige wichtige Grundvoraussetzungen die bei der Entwicklung von Wearables beachtet werden müssen. Wichtig ist zum einen die Größe, da ein Nutzer zu große Elemente nicht annehmen würde, und der Tragekomfort. Außerdem ist eine einfache Bedienbarkeit trotz kleiner Größe wichtig. Eine andere Voraussetzung liegt in der möglichst lang anhaltenden Stromversorgung. Für letztere Thematik gibt es ein neues Forschungsgebiet. Mit den Wearables selbst soll über verschiedene Konzepte Strom zum Betreiben von Geräten gewonnen werden. Smart Tattoos zum Beispiel sind kleine Pflaster, welche das Lactat, ein Abfallprodukt der Muskeln, im entstehenden Hautschweiß in Energie umwandeln. Es war bisher möglich 70 Mikrowatt pro cm² Haut zu generieren. Bis jetzt ist dies erst eine Idee, die es gilt weiter zu entwickeln. [43]

Manch ein Produkt ist in Kleidung eingenäht. Damit dieses auch sinnvoll nutzbar ist, ist es wichtig waschbare Prozessoren und Sensoren zu entwickeln. Auch hier wird geforscht und die Entwicklung tendiert zu leitbaren, flexiblen Fasern, die direkt in einen Stoff eingearbeitet werden können und sich somit nur wenig vom eigentlichen Stoff unterscheiden.

3.2. Beispiele

Wearables gibt es in vielseitiger Art. Die bekanntesten davon sind die Fitness-Armbänder, die im Moment in großen Mengen den Markt überfluten. Sie können alle Puls messen, Temperaturen überprüfen, über GPS Laufstrecken aufzeichnen, Schritte und Distanz messen und aktuelle Höhe kalkulieren. Manche haben über die dazugehörige App auch ein Fitnessprogramm oder -coach, der das individuelle Training leitet, integriert. Andere haben einen Sensor für den Hautwiderstand oder messen UV-Strahlen, während wieder Andere nicht nur für den Mensch, sondern auch für den Hund geeignet sind. Sie unterscheiden sich nur in Kleinigkeiten und haben alle das Ziel Sportler zu unterstützen. Smart Watches haben neben der Anzeige der Uhrzeit zum Teil auch die Möglichkeit verschiedene Vitalitätsfunktionen zu messen. Außerdem gibt es Apps für Spiele und andere nützliche und weniger nützliche Anwendungen. Datenbrillen können die Umgebung aufzeichnen und Informationen dazu geben. Sind sie mit dem Smartphone verbunden und können so einkommende Nachrichten und Anrufe anzeigen. Neben Apple, Microsoft und Samsung entwickeln auch vielen weitere weniger bekannten Firmen solche Produkte. Alle diese sind für sich gesehen interessant und haben einiges zu bieten. Sie werden in Zukunft sicherlich eine große Rolle spielen.

Fitnessarmbänder, Smartwatches und Datenbrillen sollen in diesem Kapitel kein Thema sein, da sie hinlänglich bekannt sind und sich in ihren jeweiligen Funktionalitäten recht ähnlich sind. Der Fokus liegt hier auf innovativeren und einzigartigeren Produkten.

Es gibt sehr viele Interessante Projekte, welche sich grob in fünf Themengebiete einteilen lassen. Dies sind Eingabegeräte, Mode, Universal Design, funktionsfähige Kleidung und Gesundheit. Aus jedem dieser Gebiete werden jeweils ein bis zwei interessante Projekte ausführlicher vorgestellt. Natürlich gibt es noch viele andere Anwendungen, die sich auch noch mehreren anderen Gebieten zuordnen lassen.

3.2.1. Eingabegeräte: iSkin und Hairware



Abbildung 13: iSkin [44]

Informatiker der Universität des Saarlands [44] entwickelten eine Eingabefläche, welche wie eine zweite Haut auf jede Stelle des Körpers mit Hilfe von medizinischen Pflastern aufgebracht werden kann. Diese Oberfläche ist aus Silikon und reagiert auf Berührungen. Mit Hilfe dieser Schicht lassen sich mobile Endgeräte steuern. Anrufe können angenommen, die Musikauswahl geändert und die Lautstärke reguliert werden. In die iSkin sind leitfähige Elektrosensoren integriert, welche die Inputs als technische Befehle wahrnehmen und weiterleiten. Im Moment sind die Eingabemöglichkeiten über die Haut noch beschränkt, jedoch ist es denkbar, dass auch eine Tastatur damit realisiert werden kann.

Nutzer können die Oberfläche grafisch völlig frei gestalten, und die zweite Haut, wo immer Bedarf ist, auf der echten Haut aufbringen. Außerdem kann die iSkin auch jeder Zeit abgenommen und zusammengerollt werden. Im Moment ist die Ansteuerung über kabellose Technologien noch in Planung und solange stehen zur Übertragung noch Kabel zur Verfügung. Gelingt es den Erfindern Mikrocontroller mit einzubauen, so kann die zweite Haut "wireless" getragen werden. An eine Smartwatch angebunden wäre die iSkin eine Ergänzung, um Eingaben besser möglich zu machen.

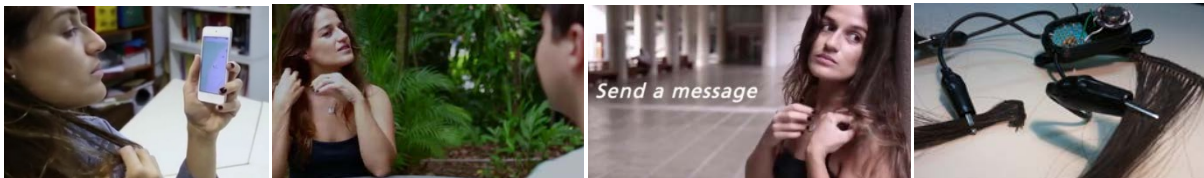


Abbildung 14: Hairware [45]

Hairware [45] sind Haarverlängerungen, welche auf Berührung reagieren und dadurch Aktionen auslösen können.

In den eigenen Haaren zu spielen ist eine natürliche Bewegung. Dies möchte die Firma Beauty Technologies ausnützen, um vor allem Frauen eine Sicherheitstechnologie an die Hand zu geben. Diese künstlichen Haarsträhnen können in das eigene Haar integriert werden und bestimmte Funktionen auf dem Smartphone steuern. Die Haare fungieren als kapazitive Berührungssensoren, welche Berührungen aufnehmen und mithilfe von Algorithmen die Intentionen des Nutzers verarbeiten. Wenn der Träger die Haare im oberen, mittleren oder unteren Teil berührt löst dies jeweils verschiedene Aktionen aus.

Die natürlichen Bewegungen ermöglichen somit unbemerkt vom Gegenüber einen Anruf oder eine Sprachaufnahme zu starten, eine Nachricht oder die Ortsdaten zu senden oder auch ein Photo aufzunehmen.

3.2.2. Mode: Elektrocouture und Volverii Timeless



Abbildung 15: ElektroCouture [46]

Die Firma Elektrocouture entwickelte eine Modekollektion, welche durch eingebautes Licht hervorsteht. [46] Verschiedene LED-Schläuche und Kabel werden in die Kleidung eingenäht um ein neues Modeerlebnis zu schaffen.

Ziel der Firma ist es zu zeigen, dass Träger von innovativen Wearables nicht wie Roboter aussehen müssen. Außerdem soll dem Kunden gezeigt werden, wie gut sich Technologie mit Mode vereinen lässt. Die Vision ist alltägliche Mode herzustellen und damit Technologie für jedermann verfügbar zu machen.

Im Moment besteht die Kollektion aus einem Schal mit im Muster integrierten Lichtstreifen, einer leuchtenden Haarschleife, Hemden mit Lichtpunkten auf dem Rücken und kleinen Schmuckstücken. All diese setzen Akzente mit farbigem Licht.

Die Stücke werden bei kleineren Anwendungen mit kleinen Knopfzellen und bei Kleidung mit integrierten Batteriepacks zum Abnehmen ausgestattet.

Ob diese Wearables eine nützliche Funktion haben ist noch umstritten, jedoch ist es wieder ein wichtiger Schritt um elektronische Komponenten in Mode zu integrieren. Da jedoch die Anbindung zu mobilen Endgeräten oder an das Internet fehlt, kann man hier nicht von einer Internet der Dinge Anwendung sprechen. Es ist jedoch möglich mit Hilfe von IoT-Technologien Anwendungen anderer Art zu schaffen.



Abbildung 16: Volvorii Timeless [47]

Volvorii Timeless [48] ist ein von der litauischen Firma iShüu Technologies entworfener Schuh, welcher sich nach Bedarf farblich anpassen lässt. Ein e-Paper Display, das biegsam und somit auf die Form des Schuhs anpassbar ist, ermöglicht ein sich wechselndes Design. Mit Hilfe einer Smartphone-App lässt sich der hufeisenförmige Bereich auf der Seite des Schuhs je nach Outfit oder Situation jeder Zeit anpassen. Ein e-Paper verbraucht nur in dem Moment Strom, in dem die Anzeige verändert wird. Nicht nur hier wurde auf den Energieverbrauch geachtet sondern auch bei den Kommunikationsmodulen. Über Bluetooth Low Energy kommuniziert die App mit dem Schuh und sendet die Dateien der gewünschten Mustern. Akku und Steuerelektronik sind in die Sohle des Schuhs eingebaut.

3.2.3. Universal design: Lechal



Abbildung 17: Lechal [49]

Lechal [49] (Hindi für "Nimm mich mit") ist ein interaktiver haptischer Schuh von der gleichnamigen Firma, welcher ursprünglich für sehbehinderte Menschen entwickelt wurde. Dieser Schuh verbindet sich mit Google Maps und kann so über Vibrationen im Schuh den Träger in eine Richtung lenken. Über Sprachsteuerung und Bewegungen mit dem Fuß kann gleichzeitig auch die dazugehörige App gesteuert werden. So kann trotz schlechtem Augenlicht die einfache Navigation in der Stadt ermöglicht werden.

Inzwischen gibt es auch Sohlen, welche in den eigenen Schuh eingelegt werden können. Da das Projekt sehr erfolgreich ist, wird es weiter entwickelt. Die Anwendung ist inzwischen für jeden nützlich, aber die Weiterentwicklung wird immer noch hauptsächlich für die Bedürfnisse von Sehbehinderten vorangetrieben.

Die Benutzung ist recht einfach. Nach einem Download der dazugehörigen Lechal-App kann über Bluetooth der Schuh oder die Sohle mit dem Smartphone verbunden werden. Ab diesem Moment ist Lechal funktionstüchtig. Es können Wege navigiert, Fitnessparameter aufgezeichnet und über haptisches Feedback Rückmeldungen gegeben werden. Funktionen wie die Aufzeichnung der zurückgelegten Strecke, Kalorienverbrauch und Schrittzähler sind auch verfügbar. Außerdem kann man sich auch Karten, interessante Sehenswürdigkeiten oder Restaurants in der Nähe anzeigen lassen. Erfasste Daten können über Social Media geteilt werden.

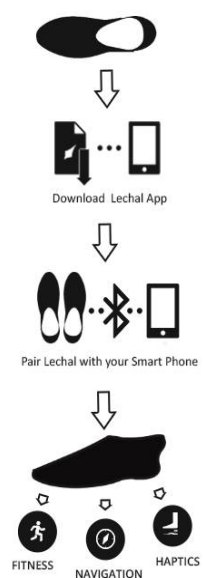


Abbildung 18: Funktionsweise [49]

3.2.4. funktionsfähige Kleidung: Hövding - Airbag für Radfahrer

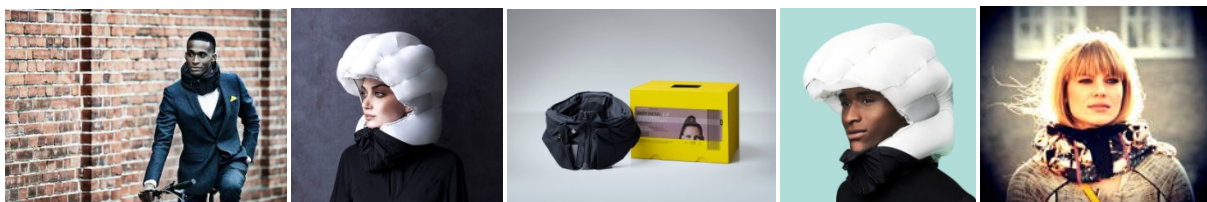


Abbildung 19: Hövding [50]

Hövding [50] ist ein Airbag für Radfahrer, welcher über viele Jahre von einer schwedischen Firma entwickelt wurde. Er besteht aus dem eigentlichen Airbag und einem Kragen, welcher darum herum gelegt wird. Unaktiviert wird er um den Hals getragen und faltet sich im Falle eines Unfalls komplett um den Kopf auf, hält jedoch das Sichtfeld frei. Hövding schützt dadurch größere Bereiche des Kopfes wie ein üblicher Helm.

In jahrelanger Entwicklungsphase wurden mehrere tausend Fahrradunfälle mit Stuntfahrern und Dummies analysiert, um die Bewegungen bei Unfällen zu erforschen und sie dadurch von den täglichen Bewegungen unterscheiden zu können. In dieser Forschungsphase wurden Algorithmen entwickelt, welche Inputdaten von Sensoren, die in den Airbag eingebaut sind, verarbeiten. So kann inzwischen recht klar eine Unfallsituation rechtzeitig erfasst werden.

Beim Auslösen des Airbags wird über ein Gasgenerator Helium in die stabile Hülle gefüllt, welche auch mehrere Sekunden gefüllt bleibt und somit mehrere hintereinander folgende Aufschläge abfedern kann. Zur Aktivierung muss der Kragen geschlossen und ein Schalter befestigt sein. Eine Akkuladung hält ca. 18 Stunden. Durch den um den Airbag gelegten Kragen kann das Aussehen der Vorrichtung individuell ausgewählt werden.

3.2.5. Gesundheit: Valedo und BitBite



Abbildung 20: Valedo [51]

Valedo [51] ist ein Produkt, welches für anhaltende oder undefinierbare Rückenschmerzen entwickelt wurde. Es besteht aus kleinen Sensoren, welche zu einem Gerät zusammen gefasst sind. Das Produkt, welches von Bewegungswissenschaftlern und Physiotherapeuten entwickelt wurde, wird an verschiedenen Stellen im Rücken- und Brustbereich platziert und registriert von dort aus die Bewegungen des Patienten. Über ein 3D-Gyroskop, ein 3D Akzeleromat und einen 3D Magnetometer können Bewegungen über 360° erfasst werden. Die Kommunikation zwischen dem Valedo und der App läuft über Bluetooth Low Energy .

Über eine Software, welche auf dem Tablet, TV oder Smartphone abgespielt wird, wird der Rücken nach Bedürfnissen und in Absprache mit den Therapeuten trainiert und gestärkt. Die Übungen sind speziell für bestimmte Problemzonen ausgelegt und fördern damit gezielt die empfohlenen Bereiche. Dabei sollen aus therapeutischer Sicht Bewegungsbewusstsein, Mobilisierung, Stabilisierung, Dehnung und Balance gefördert werden.

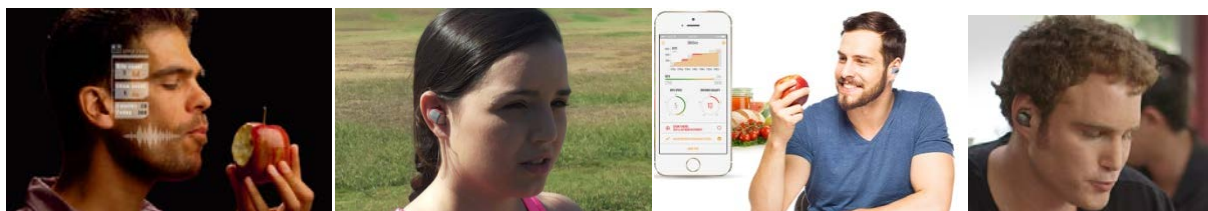


Abbildung 21: BitBite [52]

BitBite [52] wurde konzipiert, um Essensgewohnheiten zu ändern. Dafür analysiert ein kleines Element, welches im Ohr getragen wird, anhand von Kaubewegungen die Essensgewohnheiten.

BitBite erkennt, wann, wo, was und wie der Nutzer isst. Dafür nimmt das Headset Geräusche auf und sendet die Audiodaten zum Smartphone. Außerdem kann der Nutzer durch Sprachangaben eingeben, was im Moment auf dem Teller liegt. Die installierte BitBite-App analysiert diese Geräusche und gibt anhand vom eigenen Ernährungsmodell Vorschläge für den Speiseplan. Über integrierte Kopfhörer gibt die App in Echtzeit Anweisungen, wie zum Beispiel langsamer zu essen oder mehr zu kauen. Außerdem werden die Essgewohnheiten aufgezeichnet und lassen sich so besser selbst auswerten.

Die Hersteller versprechen, dass man damit seine Ernährung grundlegend umstellen, gesünder essen und das Gewicht besser kontrollieren kann.

3.2.6. nutzlose Anwendungen

Jedes entwickelte und auf den Markt gekommene Wearable hat grundsätzlich seine Daseinsberechtigung. Denn es hat irgendeine Funktion, ohne welche es sicher nicht mehr als eine Idee gewesen wäre. Jedoch gibt es einige, bei denen Zweifel aufkommen. Einige Anwendungen machen wenig Sinn, bzw. haben keine wirkliche Funktion. Andere gehen am Ziel des komfortablen Tragens völlig vorbei. Manche sind einfach unpraktisch, manche unförmig und unschön und bei vielen kommt die Frage auf, für was man genau dieses Teil den überhaupt braucht.

Die hier aufgelisteten Produkte gehören aufgrund ihrer Funktionsweisen und dem Einsatz von Prozessoren, Sensoren und Aktoren auf jeden Fall zum Gebiet der Wearables. Ob sie in die Kategorie der nutzlosen Anwendungen gehören, ist natürlich eine völlig subjektive Meinung, über welche sich diskutieren lässt.

Der japanische Firmenzweig des Unterwäscheherstellers Triumph hat nun schon zum zweiten Mal versucht einen innovativen BH zu entwickeln [53]. Das Unternehmen nutzt diese Erfindungen als kleines Show-Off, um zu zeigen, was technologisch alles möglich ist. Beim ersten Versuch soll die Verbundenheit zwischen engen Freundinnen aufgezeigt werden. Nähern sich zwei Träger dieser speziellen BH's, ändern sich deren Farbe und Muster. Dies ist durch den Einsatz der E-Paper-Technologie, aus welcher der Stoff besteht, möglich. Der "Close-Sisters-Bra" geht somit mit der neusten Mode in Japan, bei der Freundinnen im Partnerlook auftreten. Beim zweiten Versuch weist der neue BH schon mehr Funktionen auf. Fragt die Trägerin, wie sie heute aussehe, so antwortet eine quietschige Stimme mit "Brillant". Umgesetzt wird dies über ein Spracherkennungsmodul. Ein appliziertes Herz fängt an zu blinken, wenn die Trägerin aufgeregt ist und über ein extra Modul lassen sich Kalorien zählen. Außerdem ist ein Selfie-Stick mit eingebaut, der bei Bedarf herausgezogen werden kann und ansonsten als Korsett dient. So seltsam die Idee ist, so unwahrscheinlich ist es, dass diese Produkte jemals auf den Markt kommen. Jedoch ist nicht jeder Wearable-BH ein unnötiges oder nutzloses Accessoire, wie der Sport-BH von Victoria Secret, in welchen Sensoren eingenäht sind, welche verschiedene Vitalitätsdaten senden, zeigt.

Auf der CES 2015 in LasVegas wurde Bely [54] zum Offbeat Winner gekürt. Bely ist ein smarter Gürtel, welcher sich selbstständig einstellt und die Größe anpasst. Die Frage, welche die Berichterstatter der CES einheitlich in den Raum geworfen hatten, war, für was



Abbildung 22: Bely [54]

man einen automatischen Vorgang für eine einfache, alltägliche Handlung wie das Anpassen eines Gürtels, benötigt? Zudem ist dieser Gürtel eher ausgefallen gestaltet und hebt sich dadurch von anderen Modellen ab. In der breiten Schnalle sind die technischen Komponenten und die Feststelleinrichtung untergebracht. Der Gürtel kann Daten über die Schnallenposition sammeln und zieht daraus Rückschlüsse darüber, ob der Nutzer zu oft gesessen ist oder sich mehr bewegen sollte. Es ist fraglich, ob dieser Gürtel sich etablieren kann.

Eine im ersten Moment etwas ungewöhnliche Idee, sind die Sensor Nails [55] von Cargocollective. Diese sind ein Forschungsprojekt, bei denen es darum geht Sensoren zu personalisieren und in die aktuelle und persönliche Fingernagel-Mode zu integrieren. Es werden verschiedene Bauteile in einem Nagelstudio mit bestimmten Nagellacken auf den Nägeln befestigt. Die Idee ist aus der Aufgabe entstanden, neue Platzierungsmöglichkeiten für Wearables zu entdecken. Die Ideengeber sind sich im Klaren darüber, dass der aktuelle Stand kein brauchbares Wearable darstellt, da die ganzen Sensoren so störend platziert sind, dass die Hände nicht mehr richtig verwendet werden können. Deswegen gehören diese Sensor Nails eher zu unbrauchbaren Anwendungen, auch weil es noch nicht wirklich sinnvolle Gesamtanwendungen gibt. Jedoch sind genau solche beginnende Ideen das, was die Entwicklung von neuen Wearables enorm voran bringt.

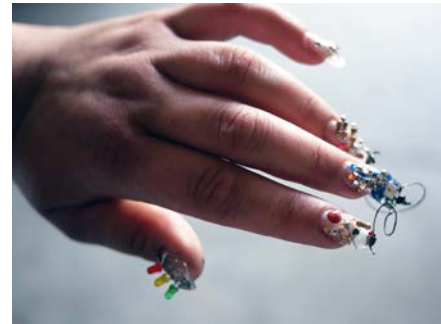


Abbildung 23: SensorNails [55]

Ein Wearable gilt als schlecht oder unbrauchbar, wenn es verschiedene Kriterien nicht erfüllt. Beim Aussehen sind es Größe oder Form, bei der Tragbarkeit geht es um Komfort und Gewicht und bei der Usability zählen gute Bedienbarkeit und selbsterklärende Handhabung. Am Entscheidendsten jedoch sind die Funktionen, welche in irgendeiner Weise eine Erleichterung oder ein Zugewinn sind. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels geht es darum, welche Eigenschaften ein Wearable nützlich machen und durch welche Kriterien es ein Produkt wird, welches von den Nutzern angenommen wird.

3.3. Anforderungen an Wearables

Es ist wichtig klar herauszukristallisieren, welche Anforderungen an ein Wearable gestellt werden, damit dieses entsprechend entwickelt werden kann. Jedoch gibt es nicht die eine Liste an Anforderungen die allgemein gültig ist.

Ganz entscheidend dabei ist, für welchen Zweck und für welche Zielgruppe das Produkt entwickelt wird. Ein Sportler wird ein Produkt mit gewissen Fähigkeiten, wie zum Beispiel Routentracking und Fettverbrennungsmesser, verwenden, während genau dieses einem gesundheitlich eingeschränkten Menschen, der medizinische Kontrolle, wie ein Pulsmesser benötigt, kaum nützlich sein wird.

Grundsätzlich gibt es einige Anforderungen, welche je nach Produkt verschieden wichtig sind, zu beachten. Wenn eine Idee für eine neue Anwendung entstanden ist, ist es wichtig, zu überlegen, welche der Anforderungen welche Wichtigkeit haben und wie diese möglichst gut umgesetzt werden können. Diese beinhalten zum einen alle Funktionalitäten des Gerätes. Zum anderen geht es um die Größe und den Tragekomfort des Produktes. Für manch eine Anwendung ist es wichtig, dass sie möglichst klein ist, während für eine andere entscheidender ist, dass sie sich dem Körper gut anpasst. Je nach Funktion ist der Energiebedarf verschieden hoch und je nach Anwendung muss ein Produkt wenige Stunden bis mehrere Tage am Stück funktionieren. Abhängig davon muss die Energieversorgung geregelt werden. Wie gut ein Produkt angenommen wird, hängt bei bestimmten Anwendungsgebieten davon ab, wie es gestaltet ist. Es muss je nach Anlass passend sein, mal extravagant, mal dezent und mal möglichst unauffällig. Neben diesen sehr praktischen Anforderungen gibt es noch andere, die in der Entwicklung berücksichtigt werden sollten.

Vor über 15 Jahren hat Steve Mann [56], ein kanadischer Informatiker, der als Mitbegründer des Wearable Computings gilt, sechs grundlegende funktionale Anforderungen an Wearables gestellt. Als erste Anforderung (Unmonopolizing) definiert er, dass die Nutzer durch die Verwendung eines Wearables nicht von ihrer Umwelt ausgeschlossen werden dürfen. Es soll als eine zweite Beschäftigung dienen, welche neben anderen Aktivitäten her ausgeführt werden kann und nicht von diesen ablenkt. Mehr noch soll das Gerät selbstständig den Input von Sensoren weiterverarbeiten. Die zweite Anforderung (Unrestrictive) beinhaltet, dass Anwender durch das Tragen eines Wearables nicht in ihrer Bewegungsfreiheit eingeschränkt werden sollen. In der nächsten Regel (Observable) definiert Steve Mann, dass eine Anwendung immerzu wahrnehmbar für den Nutzer sein sollte. Solange dieser es will, wird die Aufmerksamkeit auf die Anwendung gelenkt. Und sie soll in jeden Status kontrollierbar (Controllable) sein. Es muss dauerhaft die Möglichkeit bestehen, in laufende Prozesse einzugreifen, diese zu stoppen oder Neue zu starten. Ein manuelles Eingreifen soll ermöglicht werden. Eine entscheidende Anforderung an Wearables (Attentive) ist die Aufmerksamkeit des Gegenstandes gegenüber der Umwelt. Diese Eigenschaft hat Wearables auch erst zu dem, was sie für den Nutzer sind, gemacht. Die letzte formulierte Anforderung (Communicative) macht Wearables zu Kommunikationsmittel mit anderen Menschen. Ob diese Kommunikation direkt oder indirekt erfolgt und ob das Produkt selbst zur Kommunikation dient oder nur dazu dient, eine Kommunikation aufzubauen, ist nebensächlich.

3.4. Entwicklungsgrundlagen

Bei der Entwicklung eines Wearables müssen einige Punkte beachtet werden. Dafür werden im folgenden zwei grundlegende Leitfäden mit verschiedenen Prinzipien vorgestellt, die jeweils auf eine andere Thematik abzielen. Während es bei der ersten Sammlung von grundlegenden Designprinzipien ausschließlich um die Anpassung an den menschlichen Körper, Komfort und äußere Gestaltung geht, beinhaltet die andere Sammlung sieben Vorschläge zur Konzeptionierung eines Wearables. Dabei geht es um Funktionalitäten, Kommunikationsmöglichkeiten und Anpassung an das Leben des Trägers.

3.4.1. Ergonomieprinzipien

Einige Mitglieder des "Institute of Complex Engineered Systems" der Carnegie Mello Universität in Pittsburgh, haben in ihrer Schrift "Design for Wearability" einige Punkte zusammengefasst, die vor allem für die Tragbarkeit eines Gerätes ausschlaggebend sind.[57] Dabei geht es nicht um die Leistungsfähigkeit des Gerätes, sondern rein um die ergonomischen Grundlagen um die "wear-ability", also die physische Form und das Zusammenspiel des Gerätes mit dem menschlichen Körper. Trotzdem, dass diese Studie schon 1998 erstellt wurde, ist sie noch komplett aktuell, da sie sich nicht auf technische Entwicklungen bezieht, sondern auf Erfahrungen zum Körper und dem Körpergefühl.

Diese Auflistung besteht aus 13 verschiedenen Punkten, wobei sie nach dem Grad der Komplexität aufgelistet sind, beginnend bei weniger komplexen Punkten.

1. Platzierung am Körper: Die Position eines Produktes hängt von der Funktion und notwendigen Erreichbarkeit ab. Dabei gilt es noch drei Punkte zu bedenken. Die Körperstelle, an der das Wearable angebracht ist, muss bei den meisten Erwachsenen etwa gleich groß sein oder sich gut in wenige unterschiedliche Größen einteilen lassen. Außerdem darf dort wenig Bewegung stattfinden und die Fläche muss groß genug für eine Platzierung des Wearables sein.
2. Formsprache: Ein Produkt muss sich der menschlichen Formsprache anpassen. Daher sollte es Wölbung auf der Innen- und Außenseite haben, die sich den menschlichen Rundungen anpassen. Scharfe Kanten, unnötige Wölbungen und spitze Ecken hindern den Träger in seiner Bewegungsfreiheit.
3. Bewegung: Der menschliche Körper ändert sich mit seinen Bewegungen sehr stark. Muskeln verändern ihre Form und Gelenke die Stellung. Deshalb müssen Wearables so flexibel gestaltet sein, dass sie sich den Bewegungen anpassen und den Nutzer nicht an diesen hindern.
4. körpernahe Raumwahrnehmung des Menschen: Menschen empfinden einen Bereich, der klein sein kann, um den eigenen Körper als zum Körper gehörend. Deshalb sollten sich Wearables innerhalb dieses Bereiches befinden, damit es als Teil des Körpers angenommen wird. Durch Gewöhnung kann dieser auch erweitert werden, jedoch nur in begrenztem Rahmen.
5. angepasste Größe: Beim Gestalten der Form muss bedacht werden, dass die Anwendung je nach Zielgruppe in verschiedenen Größen verfügbar sein muss. Zudem gilt es zu bedenken, dass sich Muskeln und Fett des Körpers dreidimensional verändern können, weshalb eine Nachjustierung möglich sein sollte.

6. Befestigung: Es gibt die Möglichkeit Wearables über einen Befestigungspunkt, mit Hilfe von Klebestellen oder ähnlichem, am Körper zu fixieren. Normalerweise wird jedoch eine Befestigung mit Gurten als komfortabler empfunden, weil sich ein Gewicht verteilt und das Gerät besser anliegt.
7. Verpackung: Wearables bestehen aus technischen Komponenten, welche normalerweise nicht verformbar oder anpassbar sind. Daher muss eine schützende Hülle gewählt werden. Neue Technologien lassen sich flexibler verwenden und können zum Beispiel in Stoff eingewebt werden.
8. Gewicht: Das Gewicht des Wearables muss zusätzlich vom Nutzer getragen werden. Daher ist es sinnvoll schwerere Anwendungen möglichst nah am Körpermittelpunkt zu platzieren. Außerdem sollte das Gewicht nicht die Bewegungsfähigkeit und Flexibilität einschränken.
9. Zugänglichkeit: Je nach Anwendung muss ein Wearable unterschiedlich gut zugänglich sein. Muss es oft bedient werden, ist ein einfacher Zugriff entscheidend. Auch eine gute Handhabe muss gewährleistet sein. Zum Beispiel sollte ein Armband nicht nur mit zwei Händen schließbar sein.
10. sensorische Interaktion: Beim Design von Wearables muss darauf geachtet werden, wie ein Mensch auf etwas, dass sich am Körper befindet, reagiert und damit interagiert. Außerdem muss die Bedienung instinktiv und direkt erfolgen.
11. Wärme: Der menschliche Körper reagiert sehr sensibel auf Wärme am eigenen Körper. Aus diesem Grund muss ein Produkt gut belüftet sein oder die Wärme vom Körper weg ableiten.
12. Ästhetik: Ein Wearable muss der Zielgruppe gefallen, da diese es ansonsten nicht nutzen wird. Wichtige Aspekte hierbei sind oft kulturelle Vorstellungen und typisches Aussehen für einen bestimmten Nutzen.
13. Lang-Zeit-Nutzung: Da Wearables dafür ausgerichtet sind, über längere Zeit nutzbar zu sein, muss garantiert werden, dass keine der Elemente in irgendeiner Form einen Einfluss auf den Körper haben.

Die Ergonomie eines Wearables ist entscheidend für seine Nutzbarkeit. Deshalb sollte bei der Entwicklung dieser Aspekt ausführlich beachtet werden. Es lohnt sich, in diese Thematik Zeit zu investieren. Natürlich ist die Ergonomie nicht allein für einen Erfolg ausschlaggebend. Jedoch bieten diese dreizehn Punkte eine Grundlage, welche für den Designprozess entscheidend sind.

3.4.2. Konzeptionsprinzipien

Der Branche der Wearables fehlt es an grundlegende Richtlinien für die Konzeption und Entwicklung. Deshalb hat Guy Bieber, [58] Leiter der Abteilung Strategie und Innovationen bei Citrix, einem US-Softwareunternehmen, die "Design Principles For Building Better Wearables" entwickelt. Die Leitlinie enthält sieben Prinzipien, welche helfen sollen Wearables zu konzipieren.

"Super human extension of you": Ein Wearable hat die Aufgabe, das Leben zu vereinfachen und fungiert als direkte Ergänzung der eigenen Fähigkeiten des Nutzers. Dabei sollen Wearables vor allem die eigenen Sinne unterstützen und ergänzen, die eigene Kraft stärken, sowie Assistent, Mentor und Vertrauter sein.

"The world is the interface": Wearables leben nicht mehr von der Benutzerschnittstelle Touchscreen, sondern die Umwelt wird zur Schnittstelle, wenn tragbare Computer und die digitale Welt sich kreuzen. Eine neue Art der Wechselbeziehung zwischen Nutzer und Anwendung muss, durch Kommunikation auf Distanz, Gesten und Bewegungen, Spracheingabe und haptische Feedbacks, entstehen.

"Act cool and be polite": Es müssen Wearables entstehen, die mit dem Nutzer interagieren, wenn dieser es möchte. Eine Unterbrechung von Unterhaltungen oder Momenten, die keine Störung erlauben, darf nur bei relevanten Dingen sein. Eine neue Anwendung muss lernen, neben dem was sie hört und sieht, dies auch einordnen zu können. Sie muss auch individuell auf die Bedürfnisse des Trägers angepasst und auf ihn ausgerichtet sein.

"Respect the human condition": Eine Leitlinie besagt, dass neue Produkte Privatsphäre respektieren und einhalten müssen, gerade weil sie seinen Nutzer den ganzen Tag begleiten.

"Keep me present": Um für Wesentliches präsent zu bleiben, übernehmen Wearables Aufgaben, welche Gedanken binden und die Konzentration schmälern.

"The right fit": In dieser Leitlinie vereint Guy Bieber die im Kapitel 3.5.1. genannten Ergonomieprinzipien. Ein Wearable, welches den Nutzer oft begleitet, muss in jeder Hinsicht zu diesem passen.

"Invisible or fashionable": Es gibt nur zwei Möglichkeiten wie ein Wearable aussehen darf, wenn es gerne vom Anwender getragen werden soll. Entweder ist es modisch und modern, sodass es sich gut anfühlt es zu tragen oder es ist komplett unsichtbar, was vor allem bei meist ungern getragenen Produkten, wie zum Beispiel bei medizinischen Hilfsmitteln, erwünscht ist.

Guy Bieber ist sich sicher, dass wenn diese Leitlinien angewendet werden, es noch viele gute Wearables geben wird. [58]

Er hat damit eine Grundlage geschaffen, welche als Orientierung dienen kann. Dieser Leitfaden kann, wenn er angenommen wird, eine einheitliche Richtlinie werden.

3.5. Bausteine

Ein Wearable besteht aus einzelnen Bausteinen, die miteinander verbunden eine vollständige Anwendung ergeben.

Im Folgenden sollen die Elemente eines Wearables vorgestellt werden. Wie genau sich ein Produkt zusammensetzt ist von der eigentlichen Anwendung abhängig und durchaus von Gerät zu Gerät sehr verschieden. Die vorgestellten Elemente gibt es in vielen verschiedenen Ausführungen und werden natürlich je nach Funktionsweise und geplantem Aussehen ausgewählt. In diesem Kapitel geht es um die Zusammensetzung der einzelnen Elemente und was grundsätzlich möglich ist. Jeder dieser Punkte wird im Laufe dieser Arbeit noch genauer bearbeitet.

3.5.1. Prozessor

Jedes Wearable benötigt eine verarbeitende Intelligenz. Diese sollte möglichst eine kompakte Bauweise haben. Je nach Produkt kann es wichtig sein, dass diese möglichst klein, flach oder flexibel ist. Daher ist die Auswahl des passenden Elements von der Zielsetzung abhängig.

3.5.2. Eingabe

Es gibt einige Möglichkeiten Inputdaten zu generieren und an das Gerät weiter zu leiten. Dabei muss zwischen zwei Typen unterschieden werden. Die eine Art der Werte werden dauerhaft durch die verschiedensten Sensoren geliefert. Die anderen Daten sind bewusst vom Nutzer eingegeben. Dabei handelt es sich meistens um solche, die das Gerät in irgendeiner Weise steuern.

Zur ersten Art gehören Daten, welche über Sensoren eingespeist werden. Es stehen den Entwicklern Sensoren für nahezu jede Funktion zur Verfügung. Neben Temperatursensoren, Bewegungssensoren, Lagesensoren, Ortungssensoren (GPS) und Gewichtssensoren gibt es eine Vielzahl an weiteren Sensoren mit unterschiedlichen Aufgaben. Dazu gehören unter anderem auch solche, die die Vitalfunktionen, wie Blutdruck und Herzschlag wahrnehmen können. Grundsätzlich kann für nahezu jeden messbaren Wert ein Sensor gefunden oder entwickelt werden. Der zweite Art von Daten sind die vom Nutzer aktiv eingegebenen Daten. Hier gibt es einige verschiedene Möglichkeiten. Für Texteingaben gibt es tragbare kleine Tastaturen, welche aufgrund ihrer Sperrigkeit momentan eher nicht zum Einsatz kommen. Jedoch werden dafür verschiedene Lösungen gesucht, wie zum Beispiel die vorgestellte iSkin. Befehle, sowie auch Texte, können aber auch über Spracheingaben eingegeben werden. Hierfür ist ein Mikrofon nötig, welches die Audiosignale an den Prozessor leitet, der diese dann auswertet. Einige Wearables haben auch eingebaute Touchscreens.

Dass die beiden definierten Datentypen jedoch sehr eng zusammenhängen, wird bei der Steuerung mit Gesten deutlich. Hier werden hauptsächlich Lagesensoren verwendet, um Gesten, welche als Eingabeelement dienen, zu erkennen.

3.5.3. Ausgabe

Die einfachste Art, eine Ausgabe für den Nutzer verständlich darzustellen sind Bildschirme. Neben Bildschirmen, welche zum Beispiel in Kontaktlinsen oder Brillen eingebaut sind, gibt es noch Head-Mounted Displays oder direkt in das Wearable integrierte Bildschirme, welche meist Touchscreens sind. Jedoch ist es zum Teil schwer diese in einer sinnvollen Größe in ein Wearable einzubauen. Daher versuchen Hersteller, mit Ausnahme der Smartwatches, darauf zu verzichten und alternative Möglichkeiten zu nutzen. Eine Alternative ist die Ausgabe über Ton. Die andere ist ein haptisches Feedback, zu dem vor allem Vibrationen gehören. Das wird in einem späteren Kapitel, im Zusammenhang mit dem universellen Design, noch genauer erläutert.

Da die Kommunikation sich direkt am Wearable immer wieder als schwierig erweist, wird oft die Variante der dazugehörigen App verwendet. Dadurch muss das Gerät selbst nur noch Inputdaten von Sensoren aufnehmen und die Daten, die von einer App gesendet werden, verarbeiten können.

3.5.4. Kommunikationselemente

Es gibt einige verschiedene Möglichkeiten von einem Prozessor zu einem zweiten Gerät zu kommunizieren. Mit eingebauten WLAN-Modulen kann direkt über das Internet kommuniziert werden. Bei kleineren Prozessoren ist oft das Problem, dass nur WLAN-Module zur Verfügung stehen, welche als Slave dienen und somit eine Router oder ein fest bestehendes Netz benötigen. Dadurch werden sie für die mobile Anwendung unbrauchbar, außer der Hersteller bietet ein Master-Modul an.

Eine andere Möglichkeit ist die Kommunikation über mobile Daten wie UMTS. Darüber kann auch eine Verbindung zum Internet hergestellt werden.

Die meist verwendete Kommunikationsform bei Wearables ist Bluetooth, dessen verschiedenen Standards einige Möglichkeiten bieten.

Außerdem ist es noch möglich über NFC zu kommunizieren. RFID und QR-Codes bieten Möglichkeiten zur Identifizierung und Übertragung von Daten.

3.5.5. Stromversorgung

Der Prozessor benötigt genauso wie die Kommunikations-, die Input- und die Output-Elemente eine stabile Stromversorgung. Bei Wearables muss diese mobil, also in Form von Batterien oder Akkus, abhängig von der benötigten Leistung, gestellt werden. Bei manchen Produkten kann das Laden der Batterie auch durch Solarzellen oder ähnliche alternative Methoden umgesetzt werden. Wie schon genannt, gibt es dazu auch Forschungen die alternative Modelle testen und entwickeln.

3.6. Sicherheit

Wearables sammeln Daten, unabhängig von der Art und Nutzung der Anwendung.

Ist es eine Smartwatch, mit der bald bargeldlos bezahlt werden können soll? Oder ein Fitnessarmband, welches unsere Vitalfunktionen lesen und uns zur Veröffentlichung bereit stellen kann? Wollen wir, dass unsere Fitness und damit auch der Stand unserer Gesundheit auf einem Gerät gespeichert wird? Jedes Wearable, welches in irgendeiner Art und Weise mit Sensoren, Kamera oder Mikrofon ausgestattet ist, ist grundsätzlich in der Lage diese Daten zu sammeln. Jede Anwendung, die eine bestimmte Funktion hat, welche persönliche Daten (wie z.B. Kontoinformationen) benötigt, ist eine mögliche Schwachstelle für die Sicherheit der Privatsphäre.

Eines der größten Probleme sind die Ortsdaten, die über GPS, das Mobilfunknetz oder NFC gesammelt werden können und über deren Verwendung der Nutzer meist nicht entscheiden kann. Diese können mit weiteren persönlichen Daten zu Werbezwecke verkauft werden.

Es gibt erste Unternehmen, wie die Sparkassen Versicherung [59], die aufgenommene Daten für ihre Zwecke nutzen. Mit dem SV-Copilot können Autounfälle registriert und Notrufe abgesetzt werden. Dieses Gerät wird von der Sparkassen Versicherung angeboten. Kunden legen der Versicherung ihr Fahrverhalten offen und bekommen, wenn sie eine vorsichtige Fahrweise nachweisen können, Rabatte auf Tarife.

Es ist ein schmaler Grat zwischen der sinnvollen Nutzung einer Anwendung und der Verletzung der Privatsphäre. Denn manche Apps fordern unnötiger Weise bestimmte persönliche Daten an, während andere dies benötigen um ihre volle Funktionalität zu erreichen. Es wäre wichtig allgemeine Richtlinien aufzustellen, die definieren, in wie weit Daten weiter gegeben werden dürfen. Genauso wichtig ist auch, dass die allgemeinen Schutzziele der Datensicherheit (Vertraulichkeit, Verfügbarkeit, Integrität und Verbindlichkeit) gewährleistet sind. [4]

Um über die Sicherheit von Wearables sprechen zu können, muss man diese in drei Gruppen unterteilen. Die erste Gruppe von Geräten sind reine Input Geräte, welche reinkommende Daten, die zum Beispiel durch Sensoren aufgenommen wurden, verarbeiten. Die zweite Gruppe sind die reinen Output Geräte. Diese zeigen zum Beispiel Daten von anderen Geräten an. Dabei besteht oft eine Internetverbindung. Die letzte Gruppe besteht aus den Geräten die beides können, also In- und Output. Es ist nicht eine Gruppe mehr gefährdet, Datenlecks zu haben oder angegriffen zu werden. Je größer jedoch die Möglichkeiten und Funktionen eines Wearables sind, umso größer ist auch die Angriffsfläche.

David Sancho (Senior Threat Researcher) des TrendMicro Security Intelligence Blog [60] hat eine Zusammenstellung einiger Angriffsmöglichkeiten auf Wearables gemacht, mit dem Ziel Entwickler auf Sicherheitslücken hinzuweisen und Nutzern zu zeigen, dass es Sicherheitslücken gibt. Darin beschreibt er drei Hauptszenarien für Angriffe.

Das Erste beschreibt die Möglichkeit, in einer Cloud gespeicherte Daten abzugreifen. Dazu muss ein Angreifer das Passwort des Nutzers knacken, was jedoch oft über schon gesammelte Informationen möglich ist. Sollte er an die Daten des Nutzer kommen, so können diese dazu verwendet werden ein detaillierteres Profil über den Nutzer zu erstellen. Dadurch erhält der Angreifer eventuell den Zugang zu anderen Accounts. Diese Accounts und alle Daten werden dann für gezielte Spam Attacken oder personalisierte Werbekampagnen verwendet.



Abbildung 24: Datenklau über Cloud [60]

Das zweite Szenario beschreibt den Versuch, Daten beim Übertragen ins Internet abzugreifen. Dies kann zum Beispiel über eine Man-In-The-Middle-Attacke durchgeführt werden. Dabei können noch detailliertere Daten abgegriffen werden, zum Beispiel über ein Fitness-Tracker den Gesundheitszustand, und diese können für ganz gezielte Werbung, wie für Fitnessstudios oder Protein-Drinks, verwendet werden. Es können auch anzuzeigende Daten abgefangen und durch Werbung ersetzt werden. Außerdem können in diesem Szenario Schadprogramme auf dem Wearable installiert werden.



Abbildung 25: Datenklau beim Übertragen [60]

Das dritte Szenario ist das aufwendigste und daher auch unwahrscheinlichste, jedoch für den Nutzer gefährlichste. Es geht um einen direkten Angriff auf die Hardware des Wearables oder den Zugriff zu den Netzwerk-Protokollen und das Auslösen eines Denial of Service. Sollte ein Angreifer dadurch direkten Zugang zu den Daten des Nutzers auf dessen Gerät bekommen, so kann dort aktiv eingegriffen werden. Zum einen können die Daten abgegriffen werden und gleichzeitig ist es möglich die Out-Komponenten des Geräts zu beeinflussen. Da die meist genutzte Kommunikationstechnologie bei Wearables Bluetooth ist, müsste ein Angreifer sich hierfür in direkter Nähe befinden. Außerdem muss er Zugriff auf das Verbindungspasswort der End-zu-End Verbindung haben und die noch unzusammenhängenden Daten entschlüsseln. Der Aufwand hierfür ist recht groß. Ist es jedoch gelungen, so kann ein Angreifer die Hardware auch übernehmen und von hier aus Attacken starten. Für einen Nutzer wäre dies ein Worst-Case-Szenario.



Abbildung 26: direkter Zugriff [60]

Wichtig ist, dass Entwickler diesen Möglichkeiten entgegensteuern. Vor allem bei den größeren Firmen mit bekannten Produkten, wie Samsung oder Apple, sind gute Sicherheitsvorkehrungen für Angriffe von außen gegeben. Da diese Produkte jedoch in großer Zahl verkauft werden, steigt natürlich das Interesse von Angreifern, genau diese zu hacken. Außerdem ist die Frage, ob nicht die Konzerne selbst auch mit diesen persönlichen Daten ihrer Kunden arbeiten.

3.7. Wearables im Universellen Design

Das Universelle Design hat sich zum Ziel gesetzt, Produkte für die breite Masse zugänglich zu machen. Dabei geht es darum, Menschen mit und ohne Behinderungen mit einzubeziehen. Dadurch kommt es zur Inklusion. Produkte, welche zum Beispiel für Blinde konzipiert sind, können genauso gut hilfreich für Sehende sein, wenn es dunkel ist, oder die Konzentration, z.B. beim Autofahren, auf die Straße gerichtet sein muss. Genauso kann es in lauten Umgebungen hilfreich sein, auf andere Sinne, wie den Hörsinn, ausweichen zu können.

Universelles Design wird mit den Begriffen "Design for all" und "Inclusive Design" gleichbedeutend verwendet. Diese drei Begriffe sagen aus, was damit gemeint ist. Niemand, ob mit oder ohne Handicap, wird von irgendwelchen Produkten ausgeschlossen. Ron Mace, Gründer von "The Center for Universal Design", hat die Thematik folgendermaßen definiert: [61]

"The design of products and environments to be usable by all people, to the greatest extent possible, without the need for adaptation or specialized design."

Diese Definition beinhaltet, dass es nicht zusätzliche Produkte mit eigenem Design für Menschen mit Behinderung geben soll, da ansonsten aus einem inkludierendem Vorgehen ein exkludierendes wird. Wenn die Gestaltung allein für Beeinträchtigte konzipiert ist, entsteht eine separate Nutzergruppe.

Wearables können in den verschiedensten Situationen für die verschiedensten Zielgruppen ihre Nützlichkeit haben. Nicht jede Gestaltung kann jeden einschließen. Allein schon aufgrund der verschiedenen Bedürfnisse, ist nicht jedes Produkt für jeden interessant. Dies mag widersprüchlich zu der Grundidee des universellen Designs klingen, jedoch ist genau hier der entscheidende Punkt. Ziel ist es nicht, grundsätzlich alles für jeden verfügbar zu machen. Jedoch ist das Ziel, ein Produkt so zu gestalten, dass es für jeden, der daran Interesse hat, zugänglich ist, ohne für die verschiedenen Zielgruppen die gleiche Anwendung verschieden gestalten zu müssen.

Wearables bieten eine Möglichkeit tiefer ins Universelle Design einzusteigen, da sie noch am Anfang der Entwicklung stehen und außerdem nahe am Körper getragen werden. Der Zusammenhang zwischen diesen Punkten scheint zunächst nicht sehr naheliegend. Er ist jedoch vorhanden. Neue Produktlinien geben die Möglichkeit, noch nicht häufig Verwendetes zu etablieren und die Nutzer davon zu überzeugen. Die Rede ist vom haptischen Feedback, welches erst dadurch möglich wird, dass die Anwendung dauerhaft direkt am Körper getragen wird. Im Moment verstehen Nutzer ein haptisches Signal noch nicht so richtig. Meist gibt es nur vibrieren oder nicht vibrieren und der Nutzer kann damit nur wenig anfangen. Ein haptisches Feedback kann viel detaillierter sein. Über verschiedenen Rhythmen können zum Beispiel Ebenen mit verschiedenen Wichtigkeitsstufen definiert werden. Durch ein haptisches Feedback können zum einen Hörbehinderte sowie auch Sehbehinderte mit eingebunden werden und motorisch eingeschränkten Menschen kann es helfen, Daten einfacher wahrzunehmen. Zudem hilft es Jedem, Benachrichtigungen detaillierter, schneller und präziser aufzunehmen. [62]

Die Nutzer müssen lernen, wie sie das haptische Feedback einzuordnen haben. Hierfür wäre eine einheitliche Richtlinie, die auf Bedürfnisse angepasst werden kann,

sehr hilfreich.

John Brownlee [62] schreibt in seinem Artikel "Why we need a haptic design language for wearables" über die Möglichkeiten der haptischen Kommunikation. Über zum Beispiel fünf Kategorien mit verschiedenen haptischen Feedbacks könnte man eine vereinheitlichte Kommunikation schaffen, welche einfach erlernbar ist. In einer Kategorie werden die Systemfeedbacks, wie niedriger Batteriestatus oder Systemfehler, gesendet. Die zweite Kategorie wäre mit den wichtigen Meldungen belegt, während die dritte sich auf unwichtigere Meldungen konzentriert. Dabei ist wichtig, dass vorher eine Wichtigkeits-Reihenfolge definiert wird. Die vierte Kategorie ist dann den Meldungen der aktuell gestarteten Anwendung zugeordnet, während die fünfte Kategorie bei Meldungen aus dem Hintergrund reagiert.

Jedoch ist eine haptische Rückmeldung nicht die einzige Möglichkeit Wearables universeller nutzbar zu machen. Über Einstellungsmöglichkeiten und Auswahl zwischen Sprache, Anzeige oder Haptik für dieselben Informationen wäre ein wichtiger Schritt getan. Wenn es Bildschirme, wie zum Beispiel beim Smartwatches gibt, sind Einstellungen für hohe Kontraste oder bestimmte Farbkombinationen der richtige Weg. Das Ziel muss sein, flexible Produkte und Anwendungen zu entwickeln, die sich auf die persönlichen Bedürfnisse anpassen lassen.

Entscheidend in der Entwicklung eines Wearables ist die Haltung des Designers bei der Konzeptionierung. Oft ist es einfacher etwas zu entwickeln, das selbst benötigt und für sinnvoll erachtet wird. Dann wird es nach den eigenen Vorlieben gestaltet. Der entsprechende persönliche Abstand zwischen Wünschen und dem, was für das Produkt gut ist, ist daher wichtig. Dies ist bei der Entwicklung aller Produkte von Vorteil, jedoch besonders entscheidend, wenn es um das universelle Design geht. Ist dieser Abstand nicht gegeben, so besteht noch die Möglichkeit Nutzer der verschiedenen Zielgruppen in den Entwicklungsprozess mit einzubinden.

Die University of Cambridge hat ein "Inclusive Design Toolkit" entwickelt welches ermöglicht, zum einen den Nutzer nach seinen Fähigkeiten und zum anderen das Produkt nach seinen Bedienbarkeit einzuordnen. Durch dieses Modell kann klar dargestellt werden, welche Fähigkeit zur Verwendung eines bestimmten Produkts nötig sind. Jedoch kann das Tool auch als Richtlinie während des Gestaltungsprozesses genutzt werden, um zu überprüfen in wie weit die Entwicklung den Wünschen entspricht. Die Darstellung wird dabei in sieben Fähigkeiten unterteilt, welche jeweils eine Scala von "Low" bis "High" hat. Daraufhin kann das Produkt nach den Vorstellungen des Designers platziert und in jedem Designschritt überprüft oder mit einem gewünschten Nutzer abgeglichen werden. [63]

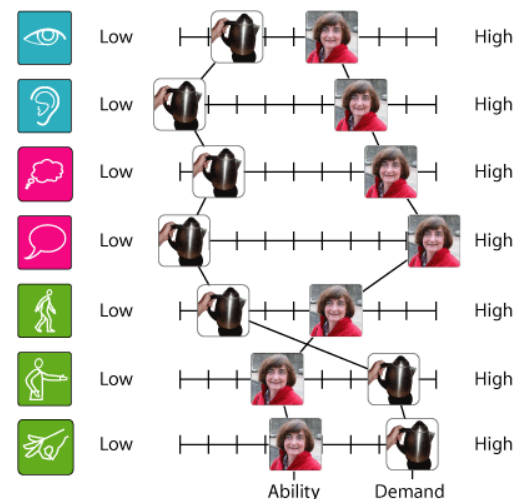


Abbildung 27: Universal Design Toolkit[63]

Wearables bieten eine gute Möglichkeit ein Universelles Design in Produktionsprozessen zu etablieren. Gleichzeitig haben Wearables, welche nach diesen Prinzipien entwickelt sind, eine sehr gute Chance sich breit zu etablieren.

3.8. Einfluss auf die Mensch-Computer-Interaktion

Bisher ist die Mensch-Computer-Interaktion eine unimodale Interaktion. Dies bedeutet, dass vor allem zwei Sinne zum Einsatz kommen. Der dabei hauptsächlich genutzte Sinn, ist der Sehsinn. Über Bildschirme werden Ausgaben lesbar und Eingaben sichtbar gemacht. Diese werden über den haptischen Sinn eingefügt, also über Tastatur und Maus. In geringem Ausmaß kommt auch der Hörsinn zum Einsatz. Fehler- oder Rückmeldungen werden von einfachen Tönen begleitet, um die Aufmerksamkeit darauf zu lenken.

Mobile Computer und vor allem Wearables tragen im Moment jedoch ihren Teil dazu bei, die Kommunikation zu verändern. Diese Entwicklung wird von der Erkenntnis unterstützt, dass eine fehlerfreie Kommunikation für den Menschen besser möglich wird, wenn dieser viele seiner Sinne einsetzen kann. [64]

Wie schon im vorausgehende Kapitel angesprochen, ist die Kommunikation über Haptik eine sich etablierende Form bei den Wearables. Vor allem wird diese sehr viel detaillierter ausgenutzt und gemeinsam mit einer ausgeprägten auditiven Form spricht man dann von multimodaler Interaktion.

In der Steuerung von Wearables ist dies ein Vorteil, da der Mensch, wenn er sich in Bewegung befindet, nicht fähig ist eine sensomotorisch anspruchsvolle Steuerung durchzuführen. Die Präzision einzelner Bewegungsschritte ist nicht so ausgeprägt.

Die Mensch-Computer-Interaktion ändert sich mit den Entwicklungen neuer Geräteformen, auch dahin, dass sie weg von einer Computer-orientierten Form, hin zu einer Mensch-orientierten Form geht. Die verwendete Sprache, Gestik und Orientierung von Steuerelementen richtet sich danach, wie der Mensch es von seinem Umfeld gewohnt ist, was er gelernt hat und wie er instinktiv etwas ausführen würde. Daher muss auch die Logik hinter Prozessen immer mehr einer menschlichen Logik angepasst oder entsprechend übersetzt werden. Dazu gehört auch, dass neben der reinen Sprache oft noch durch Gesten zusätzliche, für das Verständnis entscheidende Informationen, geliefert werden. Schafft man es, diese mit einzubeziehen, zum Beispiel durch Gestensteuerung und -verarbeitung, so kann sich die Kommunikation zwischen Mensch und Computer verbessern. Für die Verarbeitung von Gesten muss ein Computer lernen, diese zu interpretieren. Dazu gehört neben der reinen Positionsaufnahme durch Sensoren, dass der Computer lernt, welche inhaltliche Information eine Geste hat und wie diese mit der Umwelt zusammen hängt. Zeigt ein Mensch zum Beispiel auf einen Gegenstand und spricht dabei nicht aus, um was es sich handelt, sollte der Computer dies trotzdem erkennen.[64]

Mit der Entwicklung von Computern bis heute wird eine stetige Veränderung der Mensch-Computer-Interaktion durchgemacht. In den Anfängen war es nur ausgebildeten Menschen möglich einen Computer zu bedienen, während dies heute jeder kann. Aber die Entwicklung ist noch nicht an ihrem Ende angelangt, da die Mensch-Computer-Interaktion sich immer weiter hin zu einer instinktiven, selbstverständlichen Interaktion entwickelt. Wearables haben darauf in so fern einen Einfluss, dass sie der Anfang der multimodalen Interaktion sind und sich Entwickler im Moment viel damit beschäftigen, wie sie diesen neuen Anspruch noch besser umsetzen können, um dem Fortschritt gerecht zu werden.

4. Arduino für Wearables

Arduino ist ein Open Source Umgebung, welche es jedem möglich machen soll, interaktive Projekte selbstständig zu entwickeln. Die Physical Computing Plattform besteht aus einer Hardware und Software. In diesem Kapitel geht es darum, darzustellen, was Arduino ist und in wie weit Arduino und die Produkte anderer Firmen für Wearables geeignet sind. Es gibt einige auf die Bedürfnisse der Wearables ausgelegte Produkte, die somit all die Anforderungen, die Wearables mit sich bringen, erfüllen. Ein Teil der Unterkapitel, wie Software und Community, beschäftigen sich jedoch nicht direkt mit der Thematik Wearables, da es bei diesen keinen Unterschied macht, welche Art von Anwendung entwickelt wird.

4.1. Hardware

Die Hardware eines Arduino Boards besteht grundsätzlich aus einem I/O Board, welches mit verschiedenen analogen und digitalen Ein- und Ausgängen und mit einem Mikrocontroller ausgestattet ist. Je nach Board sind die Konfigurationen verschieden. Da die Boards von Arduino die ersten ihrer Art waren, werden sie kurz vorgestellt, bevor dann auf Produkte für Wearables eingegangen wird. Danach wird noch ein Board vorgestellt, welches sich besonders gut in der Verwendung von Bluetooth Low Energy eignet.

4.1.1. Arduino

Im Moment gibt es 20 verschiedene Arduino Boards, welche nahezu alle mit einem ATmega Prozessor ausgestattet sind. [65] Sie werden mit einer Spannung von 5V oder 3,3V betrieben. Es ist dabei möglich, die Boards über einen USB-Anschluss oder über eine externe Stromquelle zu betreiben. Die Programmierung erfolgt normalerweise über einen seriellen Anschluss, der bei den älteren Modellen ein RS232 war, inzwischen aber durch USB ersetzt wurde. Die einzelnen Boards unterscheiden sich vor allem in einigen Parametern und Bausteinen:

- Anzahl der analogen und digitalen Anschlüsse
- CPU Geschwindigkeit
- Größe
- Mikrocontroller
- Speicherkapazität

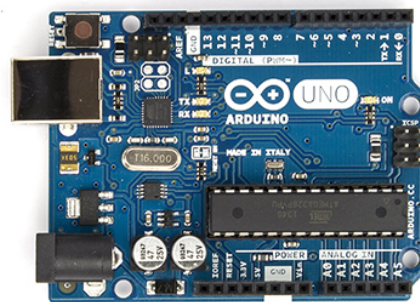


Abbildung 28: Arduino Uno [65]

Einige Boards sind noch mit zusätzlichen Prozessoren ausgestattet.

Über Shields, welches aufsteckbare, zusätzliche Bauteile sind, ist es möglich, weitere Funktionen anzubauen. Über ein GPRS-Shield kann eine Verbindung zum Internet aufgebaut werden. Über ein Ethernet-Shield kann das Projekt direkt per Kabel an das Internet angebunden werden und ein Wifi-Shield ermöglicht kabellosen Internetzugang. Über verschiedene Wireless-Shields können Dienste hinzugefügt werden und wieder andere Shields ermöglichen das Betreiben von Motoren oder anderen Bauteilen. Das am meisten genutzte Arduino Board ist der Arduino Uno.

Es gibt ein extra für Wearables hergestelltes Board von Arduino. Das LilyPad ist in vielen Punkten identisch mit dem Arduino Uno Board konfiguriert, verwendet jedoch nur die low power Version des selben Prozessors und hat anstatt eines 32 kB nur einen 16 kB Flashspeicher. Dieses runde Board hat einen Durchmesser von 50 mm. Das Besondere an diesem Mikrocontroller ist, dass er waschbar ist. Dies ist möglich, da ein USB-Anschluss nach dem Übertragen der Daten entfernt werden kann. Außerdem können zum Beispiel LEDs oder kleine Schalter mit einem leitfähigem Faden am Board festgemacht werden und in jeder gewünschten Distanz in den Stoff eingenäht werden. Das LilyPad gilt als der erste Prozessor für Wearables. Es gibt auch ein LilyPad Simple mit etwas schwächeren Konfigurationen.

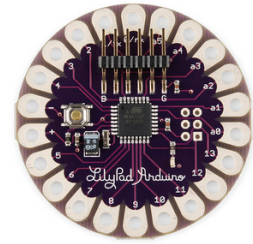


Abbildung 29: Arduino LilyPad [65]

4.1.2. Tinyduino

TinyCircuits ist ein US-amerikanisches Unternehmen, welches sich auf die Produktion von Open Source Hardware in möglichst kleinen Größen spezialisiert hat. Die Firma fing 2011 damit an, möglichst einfach zu benutzende, kleine Sensoren zu entwickeln. Dabei entschieden sie sich, dass sie sich an einem größeren, weit verbreiteten Produkt orientieren wollen. Die Wahl fiel auf das Arduino System, da dieses damals schon eine große Nutzergruppe hatte. Außerdem hat Arduino eine große Community, welche viele Beispiele entwickelt hat.

Der TinyDuino, das Hauptprodukt von TinyCircuits [66], orientiert sich am Arduino Uno und hat die gleichen Spezifikationen. Was ihn jedoch unterscheidet ist seine Größe. Das TinyDuino Processor Board ist nur 2x2 cm groß. Mit einer Batteriehaltung, in welche eine CR1632 Knopfatterie passt, die für die Nutzung aller grundsätzliche Funktionen ausreichend ist, hat das Prozessorboard eine Höhe von 8 mm. Alle grundlegende Hardware ist darauf platziert. Auch der TinyDuino lässt sich mit Shields erweitern. Diese werden über ein Stecksystem aufgesteckt. Somit ist die endgültige Höhe von der Funktion der Anwendung abhängig.

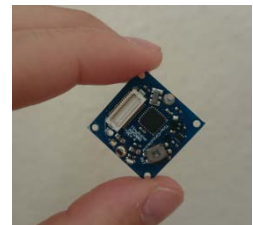


Abbildung 30: TinyDuino

Der TinyDuino wird mit der Arduino Programmiersprache in der Arduino Softwareumgebung programmiert. Die kompilierten Dateien werden dann über USB übertragen. Hierfür ist ein extra Shield mit einem Mini-USB-Anschluss notwendig. Dieses kann jedoch, wenn man es nicht für die endgültige Anwendung benötigt, später wieder abgenommen werden. Über ein aufsteckbares Protoboard können verschiedene Schaltkreise mit Sensoren oder Aktoren angelötet werden. In Abbildung 31 erkennt man das TinyDuino ProzessorBoard als unterstes Element. Darauf aufgesteckt sind das USB-Board, einige LED-Boards und ein Protoboard.

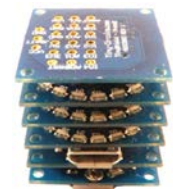


Abbildung 31: TinyDuino [66]

TinyCircuits vertreibt auch ein weiteres, zum Arduino LilyPad sowie auch Arduino Uno kompatibles Board, das TinyLily. Dieses ist nur 1/12 der Größe des LilyPad. Es misst 14 mm im Durchmesser und ist nur 2,8 mm hoch. Es hat den selben Prozessor wie beide genannten Arduino-Boards verbaut. Sogar bei dieser Größe stehen noch 32 kB Flash, 2 kB RAM und 1 kB EEPROM zur Verfügung. Der TinyLily hat 8 Ein- und Ausgänge und ist wie sein Vorbild waschbar. Über Nähschlaufen lassen sich mit entsprechenden Kabel Sensoren und andere Bauteile anbringen. Über einen seitlichen Steckkontakt kann ein USB-Board angeschlossen werden. Auch hier funktioniert die Programmierung über die Arduino Entwicklungsumgebung (IDE).



Abbildung 32: TinyLily [66]

Für beide TinyCircuits-Boards gibt es Motorboards, LED-Shields und Schalter. Im Laufe des Kapitels werden noch weitere zusätzliche Hardwareprodukte von TinyCircuits vorgestellt. Das TinyCircuits Forum wird rege genutzt und bietet oft eine Hilfestellung. Außerdem bietet TinyCircuits einige grundlegende Tutorials mit Erklärungen zur Nutzung ihrer Produkte an.

4.1.3. Andere

Es gibt viele neu entwickelte Prozessoren für Wearables. Intel [67] stellte Anfang 2015 ihren neuen Miniprozessor Curie vor, welcher mit 384 kB Flashspeicher und einem leistungsstarker Akku ausgestattet ist und 2016 auf den Markt kommen soll.

Der taiwanische Hersteller MediaTek [69] steigt mit einem kleinen Mikrocontroller in das IoT-Geschäft ein und hat damit eine preisgünstige Variante eines Prozessors für Wearables auf den Markt gebracht. Mit diesem sollen Smartwatches für bis zu 30 Euro herstellbar sein.

Es gibt noch weitere Hersteller kleiner Prozessoren. Diese sind darauf ausgelegt mit wenig Batterieleistung lange durchzuhalten und sind in einer möglichst kompakten Bauweise hergestellt. Diese Produkte sind jedoch selten für Do-it-Yourself Anwender gedacht und werden fast ausschließlich von Firmen eingesetzt. Doch einige Möglichkeiten für Bastler, Forscher und interessierte Entwickler gibt es dennoch. Neben den schon vorgestellten LilyPad von Arduino und TinyDuino und TinyLily von TinyCircuits gibt es weitere Prozessoren, die extra für Wearables konzipiert wurden und die Philosophie der Arduino-Umgebung verfolgen. Jedem Interessenten soll es möglich sein, mit diesen Produkten kleine oder größere Projekte selbstständig durchzuführen.

Eines dieser Produkte ist FLORA, ein Arduino-kompatibler Mikrocontroller für Wearables, hergestellt von der Firma Adafruit. [68] Dieses Produkt ist 4,4 cm im Durchmesser und lässt sich mit der Arduino IDE programmieren. Es wurde besonders anfangsfreundlich hergestellt. Über Ösen, welche rund um das Board eingelassen sind, können Sensoren angenäht und das Board an Stoffe angebracht werden. Zu Flora gibt es einige verschiedene Sensoren, sowie auch einzelne LEDs, welche sich annähen lassen. Über eingebauten USB-Support lassen sich diese Boards auch als Input Geräte verwenden.

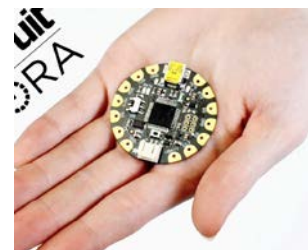


Abbildung 33: Adafruit Flora [68]

Adafruit hat noch eine neue Version dieses Prozessors entwickelt. Da sie sich auf eine Zusammenarbeit mit Arduino einigen konnten, wird diese Produkt nun als Gemeinschaftsprodukt angeboten. Der Arduino Gemma hat einen Durchmesser von 28 mm und ist somit deutlich kleiner als sein Vorgänger. Der Prozessor ist ein Attiny85 mit 8 kB Flash Speicher und 512 Byte RAM und kann direkt über einen integrierten USB-Anschluss programmiert werden. Aufgrund der Größe stehen nur noch 3 I/O-Anschlüsse zur Verfügung. Der Arduino Gemma ist für nur 10 Dollar zu bekommen, kann jedoch aufgrund seiner Konfigurationen auch nur für kleinere Projekte verwendet werden.

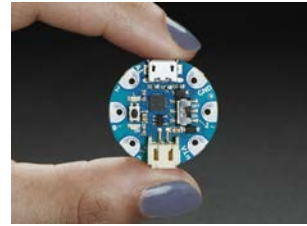


Abbildung 34: Arduino Gemma [68]

Mit dem Trinket hat Adafruit ein weiteres Wearable-kompatibles Produkt auf den Markt gebracht. Dieser rechteckige Mikrocontroller ist 29,7 mm x 15,2 mm groß und ist nur mit dem ATtiny85-Prozessor bestückt. Auch dieser Controller hat nur 3 Anschlüsse zur Verfügung, da die anderen beiden vom USB-Anschluss benötigt werden. Die Sensoren lassen sich über verschiedene Schnittstellen anschließen, jedoch ist dieser Mikrocontroller nicht stapelbar. Mit 8 kB Flashspeicher, 512 Byte SRAM und 512 Byte EEPROM ist der Trinket ausreichend um mit der Arduino IDE programmierbar zu sein und bieten genug Speicherplatz für einfache Projekte. Der Trinket ist als 3 V und als 5 V Version erhältlich.



Abbildung 35: Adafruit Trinket [68]

Die Firma Microduino [70] hat kleine Mikrocontroller für das Internet der Dinge entwickelt. Sie sehen Wearables nicht als einziges Einsatzgebiet, sind aber aufgrund ihrer Größe trotzdem dafür gut geeignet. Dieses Produkt gibt es in zwei verschiedenen Varianten, welche sich in wenigen Spezifikationen des Prozessors unterscheiden. Das Board ist rechteckig (25,4 mm x 27,9 mm) und lässt sich aufgrund der U-förmig angeordneten Pins zu einem Stapel mit den eigenen Shields zusammen stecken. Auch dieser Hersteller hat verschiedenste Boards entwickelt. Durch die Vielfalt im Angebot kann der Microduino gut mit den anderen Produkten im Wettbewerb mithalten. Der Microduino ist wie die anderen Boards Arduino-kompatibel und die Firmware ist Open Source verfügbar.



Abbildung 36: Microduino [70]

Alle diese Board eignen sich dafür Wearables zu entwickeln. Welches nun ein Nutzer verwenden will, hängt von Größe, Anzahl der Ein- und Ausgänge und dem Preis ab. Entscheidend kann auch noch sein, wie gut die Produktsoftware dokumentiert ist oder wie groß der Speicherplatz ist. Je nach Wunsch der Anwendung kann für die Wahl des Produktes ausschlaggebend sein, welche Shields die Firma zu diesem entwickelt hat.

4.1.4. RedBearLab Blend

Das Blend von RedBearLab ist ein Prozessorboard, welches einem Arduino Board nachgebaut ist und ein direkt integriertes Bluetooth Low Energy Modul hat. Es ist auf die Verwendung dieser Kommunikationstechnologie spezialisiert. RedBearLab beschreibt es als ein für Internet der Dinge-Anwendungen geeignetes Board, welches mit wenig Energie auskommt. Die Firma hat inzwischen zwei "verschmolzene" Boards in verschiedener Größe in ihrem Angebot. Das Kleinere eignet sich für Wearables und unterscheidet sich von dem größeren der Produktreihe nur in wenigen Spezifikationen.

Der Prozessor ist ein Atmel ATmega32U4 und ist mit dem Arduino Leonardo vollständig kompatibel. Der Bluetoothchip ist ein Nordic nRF8001. Da im Fall dieses Produktes sich das Kommunikationselement nicht getrennt vom eigentlichen Prozessorboard nutzen lässt, wird dieses nicht mehr näher mit den anderen Bluetooth-Modulen (wie das des TinyDuino) vorgestellt.

Das Modul ist verwendbar mit allen aktuellen iPhones, allen Android Geräten ab der Version 4.3 und mit den neueren Windows Phones. Außerdem kann es mit den aktuellen Versionen aller drei Hauptbetriebssystem an Computern verwendet werden, solange diese Geräte Bluetooth Low Energy-fähig sind oder ein BLE-Dongel vorhanden ist.

Das Blend lässt sich mit 3,3 V sowie mit 5 V betreiben. Der kleinere Mikrocontroller Blend Micro hingegen kann nur mit 3,3 V genutzt werden. Wie beim TinyDuino stehen 32 kB Flashspeicher zur Verfügung. Der Blend hat 14 digitale und sechs analoge Pins.

Mit 73 mm x 54 mm x 12 mm ist das Blend-Board verhältnismäßig groß. Das Blend Micro misst nur noch 43,6 mm x 18,4 mm x 4,3 mm.

Für beide Geräte stehen verschiedene, gut dokumentierte und verwendbare Libraries zu Verfügung. Diese machen die Produkte zu dem aktuell besten BLE-Modul auf dem Markt. Da die Firma RedBearLabs sich auf die Kommunikation über Bluetooth und WLAN spezialisiert hat, gibt es keine weiteren Shields oder Module. Außerdem gibt es auch keine einzelne verfügbare Prozessorboards. Es stehen nur jene zu Verfügung, die in die Blend Module eingebaut sind. Jedoch sind diese Produkte voll kompatibel mit den verschiedensten Produkten von Arduino. Dadurch können zum einen die Arduino Mikrocontroller und zum anderen viele vorhandene Arduino-Shields mit den RedbearLab-Produkten verwendet werden.

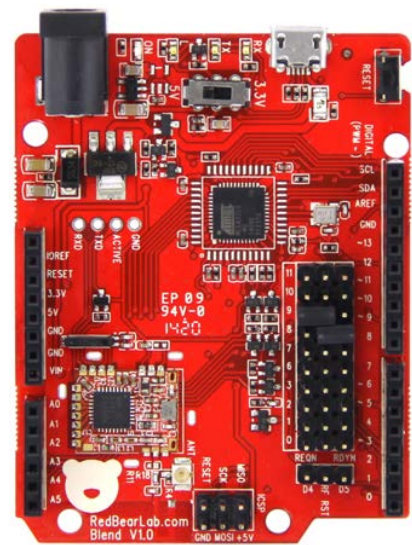


Abbildung 37: Blend [71]

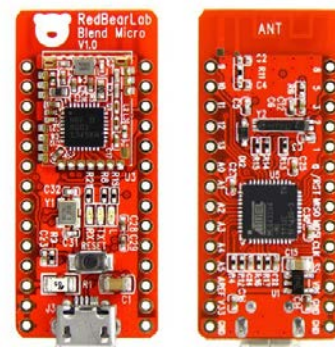


Abbildung 38: BlendMicro [71]

4.2. Sensorik/Aktorik

Internet der Dinge-Anwendungen leben davon über Input und Output mit ihrer Umwelt verbunden zu sein. Diese Fähigkeit ist, was sie als solche definiert. Daten können über Sensoren gesammelt werden und Kommunikation kann über eine Vielzahl an Sinneskanälen über verschiedene Aktoren stattfinden. Bei Wearables ist dies genauso. Sie nehmen dem Nutzer das Sammeln von Umgebungsdaten, welche er selbst über seine Sinne auch aufnehmen könnte, ab und registrieren zusätzliche, für den Menschen nicht wahrnehmbare, Daten. Hierfür kann jede Art von Sensoren, je nach gewünschter Funktion, angeschlossen werden.

Sensoren messen physikalische oder chemische Größen. Diese werden im Bauteil in analoge, elektrische Signale umgewandelt. Dafür kommen je nach Sensor verschiedene Wandler zum Einsatz, welche das Verhältnis des gemessenen Wertes zu einem konstanten Wert herstellen, damit die Daten später interpretierbar sind. Die verschiedenen Sensoren können unter anderem Position, Annäherung, Kraft und Druck als auch Temperatur, Licht, Magnetfelder, Kapazität und chemische Werte messen. [72]

Es ist möglich, über ein Protoboard, welches einen Anschlusspunkt für jeden Pin bietet, viele verschiedene Sensoren anzubinden. Der Vielfalt ist hier nur, aufgrund der Anzahl der Pins, eine Grenze gesetzt. Häufig kommen Gewichtssensoren, Temperatursensoren, Luftdrucksensoren sowie Feuchtigkeitssensoren, Mikrowellensensoren oder Magnetfeldsensoren, Lichtsensoren, Bildsensoren, Strahlungssensoren oder Gassensoren zum Einsatz. Außerdem gibt es zum Beispiel auch PH-Sensoren, Winkelsensoren, Wegstreckensensoren oder Sensoren für Windrichtung und -geschwindigkeit. Grundsätzlich kann man sagen, dass jeder physikalisch oder chemisch messbare Wert aufgenommen werden kann. Diese Sensoren müssen je nach Bauweise mit Widerständen, Transistoren oder Kondensatoren in einen Schaltkreis eingebaut werden. Die Stromversorgung kann über externe Stromquellen oder, wie es bei Wearables sinnvoll ist, über das Prozessorboard direkt ermöglicht werden.

TinyCircuits zum Beispiel bietet, genauso wie Arduino und viele andere Hersteller, eine Vielzahl an Shields, welche direkt in den Stapel der Boards eingebunden werden können, an. Für den TinyDuino stehen sechs Sensoren-Boards zur Verfügung. Diese werden, aufgrund der Vielzahl an Möglichkeiten, hier beispielhaft beschrieben.

Der TinyShield Accelerometer ist ein Beschleunigungsmesser, welcher Veränderungen im dreidimensionalen Raum registriert. Es werden Neigung, Bewegung, Erschütterung und Vibration gemessen. Außerdem ist in dieses Bauteil ein Temperatursensor eingebaut.

Der TinyShield Compass hat einen magneto-resistiven Sensor, welcher Veränderungen im Magnetfeld wahrnimmt, eingebaut. Der Kompass hat eine Genauigkeit von $\pm 2^\circ$.

Ein Gyroskop ist ein Kreisstabilisator, welcher die Lage eines Gegenstandes in Bezug auf seine Umwelt wahrnimmt. Das TinyShield Gyroscope kann die Winkelgeschwindigkeit über drei Achsen erfassen. Auch hier ist ein Temperatursensor mit eingebaut.

Der TinyShield Ambient Light Sensor misst Veränderungen der Lichtverhältnissen. Die Genauigkeit reicht, selbst unter verschiedenen Lichtsituationen, an die des menschlichen Auges heran.

Mit dem TinyShield GPS kann das Wearable seine Koordinaten bestimmen. Trotz der kleinen Größe des Boards ist eine Antenne mit eingebaut. Diese ist, aufgrund ihrer Größe, nicht so exakt wie bei anderen Produkten und kann nicht in Räumen verwendet werden. Jedoch ist es mithilfe dieses GPS-Moduls möglich, ein Wearable zu konzipieren, welches zum Beispiel ein Tracking vornimmt.

Das TinyShield 9Axis IMU ist ein Zusammenschluss aus einem 3-Wege Kompass, einem 3-Wege Gyroskop und aus einem 3-Wege Beschleunigungsmesser. Dieser hat die Fähigkeit komplexe Bewegungen zu registrieren und zu verrechnen.

Aktoren sind das Gegenstück zu Sensoren. Sie wandeln elektrische Signale in eine andere Form der Energie um. Dies kann zum Beispiel Bewegung, Temperatur, Druck, Schall, Licht oder Drehmoment sein. Dafür wird elektrische Energie in nicht elektrische Energie mit einem definierten Wirkungsgrad umgewandelt. Aktoren können Pneumatikzylinder, Mikrogeneratoren, Membranpumpen oder Ultraschallgeneratoren sein. Bei Internet der Dinge-Anwendungen und somit auch bei Wearables sind es aber eher Lichtquellen, Motoren oder Lautsprecher.[73] Über Aktoren werden Outputinformationen dem Nutzer zugänglich gemacht. Während Sensoren die einzelnen menschlichen Sinne in Bauteilen nachahmen, nutzen Aktoren die wahrnehmenden Sinnesorgane wie Augen, Ohren und Haut als Kanäle zur Kommunikation. Somit zählen auch Bildschirme zu den Aktoren von Wearables. Es gibt Bauteile, wie zum Beispiel Vibrationsmotoren, welche ein haptisches Feedback erzeugen können. TinyCircuits hat auch hier ein paar aufsteckbare Boards entwickelt, mit welchen Outputsignale erzeugt werden können. Auch hier werden diese beispielhaft vorgestellt, da TinyCircuits sich auf die Produktion von Wearables spezialisiert hat.

Das TinyShield Motor x4 Board ermöglicht die Nutzung von bis zu 4 DC-Motoren gleichzeitig. Diese können individuell gesteuert werden. Es können die Geschwindigkeit, die Richtung, das Ausrollen und Abbremsen kontrolliert werden. Durch die komplexe Bauweise mit allen nötigen Bauteilen kann das Board einfach eingesetzt werden und ein Zugriff auf alle Variablen erfolgt direkt.

Das TinyShield Audio ermöglicht es einen Lautsprecher in ein Projekt mit einzubinden. Es kann 16 Bit, 22 kHz wav-Dateien, welche auf einer SD-Karte gespeichert sind, abspielen.

Mit dem TinyShield 16 Edge LEDs, dem TinyShield Circle Edge LEDs und dem TinyShield Matrix LEDs gibt es gleich drei verschiedene LED Boards. In diese sind 16, 21 und 54 LEDs unterschiedlich angeordnet. Das Matrix und Circle Edge können nur als oberstes Element in einen Stapel eingebaut werden, während das 16 Edge auch in die Mitte eingereiht werden kann.

Außerdem gibt es noch ein TinyShield 7 Segment, welches mit zwei Platten mit jeweils sieben LED-Segmenten in der Form von digitalen Zahlen geliefert wird.

Der TinyScreen ist ein neues Produkt, welches aus einem OLED Farbdisplay besteht. Auch dieser kann über das Stecksystem hinzugefügt werden.



Abbildung 39: TinyScreen [66]

Sowie für den TinyDuino die vorgestellten zusätzlichen Shields vorhanden sind, so gibt es diese auch häufig für die Produkte anderer Firmen. Wie im Falle der Produkte von RedBearLab sind auch für einige andere Hersteller die Shields von Arduino kompatibel.

4.3. Kommunikation

Wearables kommunizieren. Mit wem und wie sie das tun, hängt von der Anforderung und den Umständen an sie ab. Es gibt einige Kommunikationstechnologien, die für Wearables typisch sind. Diese erfüllen unterschiedliche Aufgaben und unterscheiden sich auch in einigen Punkten grundlegend. Die verwendeten Technologien bei verschiedenen Produkten ändern sich ständig. Während die Galaxy Gear Watch noch mit NFC ausgestattet war, ist ihr Nachfolger, die Samsung Gear Live, es nicht mehr, obwohl es immer mehr Möglichkeiten für die Nutzung dieser Technologie gibt. Die Erfahrung zeigt, dass in der Kommunikation von Wearables immer wieder ein neuer Weg eingeschlagen und oft auch wieder zum ursprünglichen zurück gekehrt wird. Die Branche ist sich nicht sicher, was wirklich Zukunft haben wird. QR-Codes und NFC sind vor allem für das Senden kleiner und einfacher Datenmengen gut geeignet, WLAN und Bluetooth haben die Möglichkeit deutlich komplexere Aufgaben auszuführen.

4.3.1. QR-Code

Die Technologie mit QR-Codes (Quick-Response-Code) gibt es schon seit einiger Zeit. Sie wird vor allem zum Verlinken von Webseiten verwendet. Der QR-Code kann abgescannt werden, wodurch keine URL mehr eingegeben werden muss. QR-Codes dienen auch als Identifizierung oder Nachweis, zum Beispiel bei E-Tickets. QR-Codes und Wearables passen nicht in jeder Anwendung zusammen. Aber da, wo sie verwendet werden können, können sie sehr hilfreich sein und einen großen Nutzen haben.

Zum Einsatz können QR-Codes nur in Wearables mit Bildschirm und/oder Kamera kommen, wie zum Beispiel einer Smartwatch. Apple wirbt in ihrem Werbevideo damit, dass mit einem QR-Code auf dem Bildschirm der iWatch ein U-Bahn-Ticket gelöst werden kann. Geht es darum ein Ticket vorzuzeigen, oder sich zu identifizieren, zum Beispiel zum bargeldlosen Bezahlen im Supermarkt, kann ein QR-Code die richtige Technologie sein. Für diese Art von Anwendungen eignen sich QR-Codes gut. Denn zur Verwendung ist keine spezielle Technik nötig. Es gilt lediglich, dass der Code angezeigt werden muss.

Dies ist eine Seite der Möglichkeiten der Anwendung von QR-Codes mit Wearables. Eine andere Anwendung ist, wenn ein Wearable eine Kamera besitzt. Damit können die QR-Codes auch eingescannt werden. Dann steht eine weitere Vielzahl an Funktionen zur Verfügung. Eine Website zu einem Produkt oder einer Firma kann über ein Werbeplakat abgerufen werden. Informationen zur Umgebung, zu Sehenswürdigkeiten oder auch zur Position in einer Stadt können über QR Codes zugänglich gemacht werden.

Jedoch kann diese Technologie nur bei wirklich spezifischen Angelegenheiten zum Einsatz kommen, da sie nur eine begrenzte Anzahl an Funktionen hat. Aber genau diese Einfachheit ist auch bestechend und dadurch sind QR-Codes keine aussterbende Technologie, sondern nur für bestimmte Wearables wirklich von

Bedeutung.

Doch wie funktionieren QR-Codes? Ein QR-Code ist immer quadratisch und besteht aus hellen und dunklen Flächen. Ersetzt man diese mit "1" oder "0" erhält man eine binäre Information. Dabei stehen bestimmte Reihenfolgen von Quadraten und Strichen in Weiß und Schwarz für Buchstaben oder Zahlen. Der QR-Code ist für den Menschen so nicht lesbar. Eine Algorithmus kann diese Verschlüsselung lösen. Somit muss ein QR-Code mit dem richtigen Programm eingescannt werden um die Botschaft sichtbar zu machen. Meist steckt eine Adressinformation hinter dem Muster, welche den Nutzer identifiziert oder an eine Adresse im Browser weiterleitet.

4.3.2. RFID und NFC

Radio Frequency Identifikation (RFID) ist eine Technologie welche, kontaktlos über elektromagnetische Wellen, etwas erkennen und identifizieren kann. Dafür ist zum einen ein Lesegerät und zum anderen ein Transponder nötig. Das Lesegerät sendet Signale, welche vom Transponder zurückgegeben werden. Über diese Funk-Übertragung können Daten ausgetauscht werden. Bei Internet der Dinge-Anwendungen werden RFID-Tags (die Transponder) vor allem für die Auszeichnung von Waren verwendet, um diese schnell und kontaktlos mit den Lesegeräten identifizieren zu können. Das wird vor allem in der Logistik eingesetzt.

Bei Wearables wird jedoch die weiterentwickelte und sichere Near Field Communication (NFC) [74] verwendet, welche auf der RFID-Technologie beruht. Es handelt sich dabei um die Weiterentwicklung mit der Verwendung eines definierten Frequenzspektrums und dient der sicherheitsrelevanten Kommunikation auf kurzer Distanz. Bei NFC hat man sich auf ein besonderes Kopplungsverfahren geeinigt, welches auf das Frequenzspektrum von 13,56 MHz begrenzt ist. Aufgrund von diesem Spektrum ist die Kommunikation auch nur bei einer Distanz von bis zu 10 cm möglich.

Insgesamt unterscheidet man bei NFC zwischen drei verschiedenen Modi. [75] Der erste entspricht der Anwendung von RFID-Tags. Bei diesem, dem Reader/Writer-Modus, gibt es ein NFC-Transponder und ein Lesegerät, wobei beide jeweils nur eine definierte Funktion (read oder write) haben. Der Peer-to-Peer-Modus (P2P) ermöglicht eine aktiv-aktiv-Kommunikation. Dies bedeutet, dass ein Lesegerät auch als NFC-Transponder dienen kann und es somit möglich ist, dass zwei NFC-Lesegeräte miteinander kommunizieren. Dabei kann auch ein interaktiver Austausch von Daten zustande kommen. Der dritte Modus ist der Card-Emulation Modus. Hierbei wird ein NFC-Tag von einem Lesegerät beschrieben und kann dann von einem anderen Lesegerät ausgelesen werden. Zum Beispiel beim Kauf von einem Ticket (Fahrkarte, Flugticket, Eintrittskarte usw.) wird der NFC Chip beschrieben und beim Einlösen (am Eingang, im Zug, beim Boarding) werden mit einem anderen Lesegerät diese Daten aufgenommen.

Bei Wearables gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten wie NFCs sinnvoll eingesetzt werden können. Neben der genannten Möglichkeit, die Nutzung als Ticket, können sie auch bei der Registrierung der Waren im Supermarkt und bei bargeldloser Bezahlung eingesetzt werden. Der Vorteil dabei ist, dass ein NFC-Chip nur nah genug an das Lesegerät gebracht werden muss und nicht aktiv eingeschaltet oder ein Anwendung aufgerufen werden muss.

Es gibt schon einige Personalausweise und EC-Karten die mit dieser Technologie

ausgestattet sind. Darüber kann eine Identifizierung stattfinden oder bezahlt werden. Oft sind NFC-Tags als Schlüsselanhänger oder Armbänder verfügbar. Die Firma Adafruit [68] hat auch die Möglichkeit aufgezeigt, diese Tags einzubauen, wo auch immer es nützlich sein könnte. Zum Beispiel bringen sie diese an einem Fingerring an oder verkleben sie mit Nagellack auf dem Fingernagel. Diese könnten dann nützlich sein um Wearables oder Smartphones zu entsperren oder nur individuell nutzbar zu machen. Außerdem kann über diese Technologie auch eine Verbindung zwischen Wearable und Smartphone hergestellt werden. Letztendlich kann eine eingebaute NFC-Funktion Anwendungen in vielerlei Hinsicht realisieren. Denn sobald die beiden Bauteile eine Verbindung aufbauen, kann eine Aktion ausgelöst werden. Dabei ist es egal, ob diese eine Funktion aufruft die etwas zählt, wie zum Beispiel wie oft ein Wasserglas in die Hand genommen wurde oder ob eine Krankenschwester die Hände oft genug desinfiziert hat. Es kann auch etwas freigeschaltet werden, wie zum Beispiel eine Haustür, ein Pin-Code am Handy oder eine SmartHome-Anwendung. Auch können Daten wie Warenpreise, Werbeinformationen von Werbeplakaten oder persönliche Informationen vom Personalausweis übertragen werden. Außerdem würden sich darüber auch Warendiebstahlsicherungen realisieren lassen.

Ein Nachteil von NFC ist die kurze Distanz, in welcher die Technologie funktioniert. Dies ist jedoch aus Sicherheitsgründen wiederum ein Vorteil. Um Daten abzufangen, muss ein angreifendes System sich in einem Umkreis von 10 cm befinden.

4.3.3. WLAN

WLAN als Kommunikationstechnologie bietet eine Vielzahl an Möglichkeiten für Wearables. Es können Daten zwischen den Wearables und anderen Endgeräten verschickt werden. Über Clouds können Daten gespeichert werden, auf die direkt über den Browser oder über Apps zugegriffen werden kann. Außerdem kann das Gerät selbst auch mit Informationen versorgt werden.

TinyCircuits [66] bietet für den TinyDuino ein TinyShield WiFi an. Dieses Modul unterstützt den 802.11b/g Standard. None, WEP (Wired Equivalent Privacy), WPA (Wi-Fi Protected Access) und WPA2 (Wi-Fi Protected Access 2) stehen als Sicherheitsmodi zur Verfügung. Dabei ist letztere der neuste und sicherste Modus für 802.11. Mit der Arduino Library sind Funktionen umsetzbar. Dazu gehören unter anderem Verbindungsaufbau zum Zugriffspunkt, Scannen nach SSID's, Pingen von Adressen oder Verbindungsaufbau zu einem Webserver. Außerdem kann die Anwendung auch selbst als Webserver dienen. Jedoch kann das Modul nur als Slave-Modul verwendet werden und nicht selbst Zugriffspunkt sein. Dadurch wird es für einige Wearables unbrauchbar, da diese die Anforderung an eine ununterbrochene Verbindung zum Partnergerät stellen. Ist ein WLAN-Modul, welches auch als Access-Point dienen kann, die Voraussetzung, so hat man bei Produkten anderer Firmen, zum Beispiel Arduino, gute Möglichkeiten entsprechende Shields zu bekommen. Unter anderem ist hierfür auch das WiFi-Modul von RedBearLabs geeignet. Dieses hat ähnlichen Spezifikationen, ist jedoch alles in allem etwas umfangreicher und leistungsstärker. Außerdem gibt es bei diesem Modul auch die Möglichkeiten Bluetooth und WLAN zu verbinden und gemeinsam mit einem Prozessor zu verwenden.

Einer der Vorteile, die die Verwendung eines WLAN-Modus mit sich bringt, ist die Einbindung von Integrationsdiensten. Diese sind ein "Platform as a Service" (PaaS) und haben somit in einer Cloud eine Plattform, die den Nutzern und Entwicklern zur Verfügung steht. Ein bekannter Integrationsdienst ist Temboo [76], welcher es ermöglicht mithilfe weniger Codezeilen Librarys (sogenannte Bausteine) aufzurufen und so einfach komplexe Anwendungen zu erstellen. Thingspeak [77] speichert Daten auch in einer Cloud und verschiedene Nutzer können dann darauf zugreifen. Dies sind nur zwei von einigen möglichen Integrationsdiensten, die den Programmieren, sowie den Benutzern eine gut bedienbare und hilfreiche Oberfläche bieten.

4.3.4. GPRS

Eine andere und mobilere Art eine Verbindung zum Internet aufzubauen ist über GPRS. Hierfür wird ein GSM-Modul, wie es Arduino im Angebot hat, benötigt. Mit einer SIM-Karte, die Datenvolumen bereitstellt, kann dann auf das Internet zugegriffen werden. Mit entsprechend erweiterter Hardware kann man damit auch telefonieren und SMS senden und empfangen. Vor allem wird es für eine dauerhafte und mobile Verbindung zum Internet benutzt.

Für Wearables ist dies eine sinnvoll Technologie, da auf diese Art die umfangreichen Möglichkeiten des Internets zur Verfügung stehen und verwendet werden können. Jedoch bieten nur wenige Hersteller von Mikrocontrollern, welche für Wearables geeignet sind, ein solches Modul an, weshalb diese Technologie für die im folgenden Kapitel vorgestellte Anwendung nicht in Frage kam.

4.3.5. Bluetooth

Verschiedene Geräte lassen sich mit Bluetooth [78] [79] drahtlos verbinden. Damit dies nicht nur möglich ist, wenn die Kommunikationsgeräte vom gleichen Hersteller sind, muss es einen einheitlichen Standard geben.

In folgender Tabelle werden alle Standards seit dem Beginn von Bluetooth aufgelistet. Ab Standard 4.0 gibt es grundlegende Veränderungen in der Technologie und daher sind Standards ab diesem, welcher auch Bluetooth Low Energy (BLE) genannt wird, nicht mehr abwärtskompatibel.

Version	Veröffentlichung	Max. Datenübertragungsrate	Anmerkung
1.0B	Dezember 1999	732,2 KBit/s	
1.1	Februar 2001	732,2 KBit/s	verbesserte Interoperabilität
1.2	November 2003	1 MBit/s	schneller und anonymer Verbindungsaufbau
2.0 + EDR	Oktober 2004	2,1 MBit/s	Enhanced Data Rate (EDR): schnellere Datenrate

2.1 + EDR	Juli 2007		Sicherheitsverbesserungen
3.0 + HS	April 2009	24 MBit/s	High-Speed Modus(HS), Verbindungsaufbau mit Bluetooth, Datenübertragung mit Wifi
4.0	Juni 2010	1 MBit/s	nicht abwärtskompatibel Bluetooth Low Energy (BLE) oder Bluetooth Smart
4.1	Dezember 2013		automatisches Wiederaufnehmen der Verbindung
4.2	Dezember 2014		höhere Sicherheit, sparsamer

Tabelle 1: Bluetooth Versionen

In jedem Bluetooth-Standard ist eine maximale Datenrate festgelegt, welche sich alle aktiven Geräte teilen müssen. Sind also nur zwei Geräte vorhanden, wovon nur eines eine größere Menge überträgt, kann die bestmögliche Datenrate erreicht werden.

Bluetooth sendet nicht auf einer festgelegten Frequenz, da es sich ein Frequenzband (2.4 bis 2.485 GHz) mit anderen Technologien teilt. Um eine bidirektionale Kommunikation zu ermöglichen wurden Zeitschlitzte eingerichtet, welche abwechselnd, je nach zu übertragender Datenmenge, verteilt werden.

Da Bluetooth meistens zur Kommunikation mit oder zwischen batteriebetriebenen, kleinen Geräten verwendet wird, gibt es verschiedene Sendeleistungen. Dafür gibt es drei Leistungsklassen in welche, je nach Energiebedarf des Endgeräts, eingeteilt wird. Abhängig von der Sendeleistung ist auch die mögliche Reichweite. Diese liegt in den drei Klassen zwischen 1 m und 100 m und unterscheidet sich zusätzlich auch noch darin, in wie weit Hindernisse, wie zum Beispiel Wände durchdrungen werden können.

Leistungsklasse	Leistung	Reichweite allgemeinen	Reichweite im Freien
Klasse 1	100 mW	100 m	100 m
Klasse 2	2,5 mW	10 m	50 m
Klasse 3	1 mW	1 m	10 m

Tabelle 2: Leistungsklassen Bluetooth

Um eine Bluetooth Verbindung zwischen zwei Geräten zu etablieren, müssen verschiedene Schritte durchlaufen werden. Zuerst müssen sie gepaart werden. Dafür wurde lange mit Hilfe eines Pin-Codes auf beiden Seiten die Verbindung bestätigt. Seit Version 2.1 wird ein sichereres Verfahren verwendet. Mit Hilfe von Private/Public

Key-Paaren werden die einzelnen Schlüssel immer verschlüsselt verschickt. Unter Hinzunahme von Link Keys, welche im vorherigen Schritt mit erstellt wurden, wird eine Authentifizierung durchgeführt. Danach kann gewählt werden, ob eine verschlüsselte Übertragung stattfinden soll. Der letzte Schritt ist die Autorisierung der Geräte. Beiden Nutzern können verschiedene Rechte gegeben und Zugriffe erlaubt werden.

Für Wearables wird gerne der neueste Bluetooth Standard (ab 4.0) verwendet. Dieser kann zwar deutlich weniger Daten übertragen, jedoch ist er energiesparender. Dies ist ein großer Vorteil für Wearables, da dadurch Anwendungen klein gehalten werden können, da meistens eine Knopfbatterie ausreichend zur Stromversorgung ist. Oft ist die kleiner Datenübertragungsrate kein Problem.

TinyCircuits bietet für den TinyDuino drei verschiedene Bluetooth Module an, wodurch auch deutlich wird, wie wichtig Bluetooth für Wearable-Anwendungen ist. Das TinyShield Bluetooth ist mit dem Bluetooth Standard 2.1 + EDR und der Leistungsklasse 2 ausgestattet und ermöglicht eine Übertragung mit 2 MBit/s. Das TinyShield Bluetooth Low Energy-Bluegiga ist mit dem BLE Standard (4.0) ausgestattet, welches eine Reichweite von bis zu 10 m hat. Das TinyShield Bluetooth Low Energy-Nordic hat die gleichen grundlegenden Spezifikationen wie BLE-Modul von Bluegiga und unterscheidet sich von diesem durch die Verwendung eines Chipsatzes der Firma Nordic.

Wie schon erwähnt, hat das Blend von RedBearLabs schon ein Bluetooth Low Energy Chip integriert. Außer den Blend-Shields bieten sie auch weitere aufsteckbare BLE-Shields für verschiedene Prozessoren und auch einen BLE-USB-Dongel an.

4.3.6. ZigBee

ZigBee ist eine Spezifikation, welche auf den IEEE 802.15.4 Standard aufbaut. Diese wird für die drahtlose Übertragung von geringen Datenmengen verwendet und beschreibt ein Framework für drahtlose Funknetzwerke. Dieser Kommunikationsstandard wird vor allem für Hausautomation verwendet, wird jedoch unter Anderem auch in der Lichttechnik eingesetzt. Der aktuelle Standard 3.0 sendet auf einem Frequenzband von 2,4 GHz. ZigBee arbeitet mit geringem Energieaufwand.

Die ZigBee-Spezifikation beschreibt seine Fähigkeiten in dem 3.0 Standard mit fünf Adjektiven. Es ist zum einen sicher und zuverlässig durch die Verwendung von Netzwerken mit mehreren Funkfeldern. Außerdem ist eine Low power-Nutzung realisierbar, welche laut [80] einen Betrieb bei einfachen batteriebetriebenen Anwendungen von bis zu sieben Jahre möglich macht. Mit dem Green Power Merkmal ist eine Nutzung ohne Batterie möglich, da Energie durch bis jetzt wenig genutzte Energiequellen, wie Bewegung, Licht und Vibration, erzeugt wird. ZigBee ist auch skalierbar einsetzbar und kann daher bei Anwendungen verschiedenster Größe genutzt werden. Es werden einige Sicherheitsstandards verwendet, welche Anwendungen mit ZigBee sicher machen. Durch die Verwendung des 2,4 GHz Bandes ist eine weltweite Nutzung möglich.

ZigBee ist vor allem dafür ausgelegt jahrelang unterbrechungsfrei zu funktionieren. Daher wird es gerade bei Sicherheitsschlössern als Zukunftstechnologie gesehen. Bis zur Verwendung bei sicherheitsrelevanten Anwendungen müssen diese

Sicherheitstechnologien noch weiterentwickelt werden. Handelt es sich jedoch um Sensornetzwerke oder Wearables, welche eine geringe Sicherheitsanforderung haben, ist ZigBee schon heute eine gute Alternativtechnologie.

ZigBee erinnert in vielen Punkten an WLAN und Bluetooth, unterscheidet sich von diesen jedoch erheblich. Während diese beiden Technologien eine beschränkte Anzahl (WLAN: max.32/Bluetooth: max.7 Zugriffspunkte pro Basisnetzwerk) an Knotenpunkte erlauben, kann ZigBee mit mehreren tausenden Knotenpunkten über großen Entfernung hinweg betrieben werden. Außerdem unterscheidet sich der softwaregesteuerte Netzwerkbetrieb dieser drei Technologien sehr. ZigBee hat zudem den Vorteil im Schlafmodus immer noch ein aktiver Teilnehmer im Netzwerk zu sein. Arduino verkauft ein XBeeShield, welches die ZigBee Technologie verwendet. Diese kann in Räumen eine Reichweite bis zu 30 m und außerhalb dieser bis zu 90 m erreichen.

4.4. Software

Die Arduino IDE ist Open Source und für Windows, Linux und Mac OS X verfügbar. Sie wird ständig weiterentwickelt und verbessert. Während die Entwicklungsumgebung in Java geschrieben ist, schreibt der Nutzer der Arduino IDE in einer C/C++-ähnlichen Sprache. Diese wird von der Umgebung beim Kompilieren nur noch minimal angepasst, sodass es reinem C/C++-Code entsteht. Verbunden mit den Standard Libraries kann der Code dann auf die Hardware übertragen werden. Dies wird im Normalfall über eine USB-Schnittstelle ausgeführt.

Die Arduino IDE ist vor allem für Anfänger eine sehr gute Programmiermöglichkeit, da sie einfach und intuitiv bedienbar ist und alles Nötige bietet. Hat ein Nutzer jedoch fortgeschrittene Ambitionen, so sollte er über kurz oder lang auf eine komplexeres Programm wie Eclipse zurückgreifen um vielfältiger arbeiten zu können.

4.5. Community

Da Arduino als Programmiersprache und als Plattform zusammen mit den Arduino-ähnlichen NoName Produkten und weiterentwickelten Prozessoren hauptsächlich von privaten Entwicklern, Bastlern, Startups und Interessierten verwendet wird, hat sich eine große Community gebildet, welche sich über Foren und Tutorials austauscht, weiterhilft und gemeinsam entwickelt.

Die Arduino Community besteht aus einer großen Gruppe begeisterter Entwickler und Interessierter. Es gibt Gruppen für bestimmte Regionen sowie auch zu bestimmten Thematiken. Das offizielle Arduino-Forum ist mehrsprachig aufgebaut und wird rege verwendet. Außerdem gibt es eine große Anzahl an Tutorials, Anleitungen und Wissenswerten, welche in einem sogenannten Playground [81] eingebaut sind. Diese Informationen werden direkt von Arduino-Usern zur Verfügung gestellt. Für Neuigkeiten, Weiterentwicklungen und Libraries gibt es eine Plattform auf GitHub.

Jedes Produkt bzw. jede herstellende Firma bietet ein spezifisches Forum an, welches zum einen für das bestimmte Produkt verwendet wird, zum anderen aber auch zu allgemeinen Arduino-Fragen weiterhelfen kann. Es gibt wenig Thematiken, die nicht schon ausreichend und gründlich diskutiert wurden. Viele Entwickler posten außerdem auch auf Blogs oder über YouTube ihre Ergebnisse und Erfindungen und

geben somit einen Anstoß für weitere Entwicklungen.

Diese Communities, wie sie in ähnlichem Umfang für nahezu jede Entwicklungsrichtung im Internet zu finden sind, machen die Thematik Arduino und Internet der Dinge erst so mächtig und weitreichend, wie sie geworden sind. Anwendungen wachsen mit dem Feedback ihrer Nutzer und entwickeln sich dadurch weiter. Nutzer bekommen auch eine Mitentscheidungsmacht und können vieles bewegen.

Gerade für Anfänger ist bei der Verwendung von Mikrocontrollern eine Community hilfreich, da jede Frage gestellt werden kann. Sehr häufig wird ausführlich geantwortet und weiter geholfen, jedoch wartet man manchmal, vor allem bei sehr spezifischen Fragen, lange oder vergeblich auf eine Antwort.

5. Idee und Umsetzung einer Anwendung

5.1. Eigene Ideen

Um eine eigene Anwendung zu entwickeln, wird natürlich eine grundlegende Idee benötigt. Vieles, das einfällt, gibt es so oder so ähnlich schon. Anderes stellt sich als nicht umsetzbar heraus und wieder anderes ist doch keine gute Idee. Einige mögliche Anwendungen sollen im folgenden aufgelistet werden. Letztendlich ist die Entscheidung auf keine von diesen gefallen. Die entwickelte Idee wird im nächsten Unterkapitel erläutert.

5.1.1. Intelligenter Schrank

Manchmal registriert man erst, dass Wäsche gewaschen werden sollte, wenn der Schrank schon leer ist. Dadurch ist die Idee eines intelligenten Kleiderschranks entstanden, der meldet, wenn es Zeit ist zu waschen.

Über Gewichtssensoren oder Lichtschranken könnten einzelne im Schrank vorhandene Behälter Bescheid geben, wenn das entsprechende Fach fast leer ist, also noch für z.B. zwei Tage ausreicht, sodass noch genug Zeit ist, zu waschen.

Solch eine Anwendung wäre natürlich vor allem eine Hilfe für Personen mit wenig Planungstalent.

Würde es jedoch wirklich verwendet werden? Wird so etwas benötigt?

5.1.2. Brillen-/Schlüsselfinder

Viele sind oft auf der Suche nach ihrer Brille oder dem Schlüssel. Bisher gibt es für das Suchen und Auffinden von Brillen nur wenige brauchbare Geräte. Alle vorhandenen Anwendungen bieten entweder nur die Möglichkeiten über ein ausgesendetes Tonsignal den Gegenstand im Raum zu lokalisieren oder können mit einem Smartphone eine Bluetooth-Verbindung aufbauen. Daher haben beide Technologien nur sehr beschränkte und auf einen oder wenige Räume festgelegte Funktion. Wenn man außerhalb der Reichweite ist, hat man keine Möglichkeit den Gegenstand zu finden.

Eine Idee wäre daher die Gegenstände mit kleinsten Prozessoren auszustatten, die es ermöglichen über WLAN (HTML5-GeoLocation) oder GPS die Position der Brille genau zu bestimmen.

Dies wäre eine Anwendung, die sehr sicher einen äußerst großen Nutzen haben würde. Jedoch zeigen sich hierbei einige Probleme auf:

- Die HTML5-GeoLocation ist zu ungenau.
- GPS-Module funktioniert in kleinen (und somit einsatzfähigen) Versionen nicht in Gebäuden.

Daher ist diese Idee zwar grundsätzlich eine gute, jedoch kann sie mit den vorhandenen Technologien und Möglichkeiten nicht umgesetzt werden. Die Entwicklung neuer Technologien muss dafür erst abgewartet werden.

5.1.3. Digitaler Kassenzettel

Kassenzettel werden benötigt, sind aber umweltschädlich, lästig und werden meist direkt weggeworfen. Sollten sie noch als Umtauschnachweis gebraucht werden, findet man sie grundsätzlich nicht mehr. Daher wäre eine gute Möglichkeit, die Kassenzettel direkt zu digitalisieren bzw. direkt digital zu erhalten und in einer Datenbank zu speichern.

Eine solche Anwendung wäre praktisch, umweltschonend, würde weniger Müll produzieren und würde auch ein schnelles Finden des benötigten Nachweises erheblich erleichtern.

Jedoch gibt es eine solche Anwendung schon in wenigen verschiedenen Ausführungen und einzelne Unternehmen versuchen diese schon umzusetzen. Beispielsweise gibt es die APP NUBon, welche von einigen Unternehmen der Schuhbranche, wie Deichmann, Görtz und Roland schon genutzt wird. Einige Unternehmen befinden sich im Moment in der Einführungsphase.

Über einen eigenen Code, welcher an der Kasse vorgezeigt wird, wird der Nutzer registriert und seinem Konto wird der Kassenbeleg digital zugeordnet. Über verschiedene Suchmöglichkeiten lässt sich der gesuchte Beleg finden und kann auf Wunsch als steuerrelevant markiert werden.

5.1.4. WG-Organisation

In einer Wohngemeinschaft ist Kommunikation neben klaren Regeln und Abmachungen entscheidend. Wer denkt daran Klopapier zu kaufen? Warum ist das Öl schon wieder leer? Jedes Mal steht man im Supermarkt und überlegt, welche der gemeinsam genutzten Dinge in einer WG gerade leer sind, was man benötigt oder ob nicht der Mitbewohner genau das schon gestern gekauft hat.

Deshalb wäre es toll, wenn ein System automatisch registriert, was leer ist (über Gewicht z.B. beim Mehl oder Lichtschranken beim Klopapierhalter) und dieses in einer App auflistet. Was gekauft und aufgefüllt wurde, wird wieder von der Liste genommen. Zusätzlich könnte noch registriert werden, wer was gekauft hat und wie viel Geld dafür ausgegeben wurde.

Dies würde die Organisation gemeinsam genutzter Verbrauchsgegenstände erheblich erleichtern. Außerdem würden Leerstände und doppelt gekaufte vermieden werden.

In großen WG's ist diese Anwendung sicher nötig und scheint vor allem umsetzbar zu sein.

5.1.5. Erinnerungsbildschirm

Eine andere Idee ist ein System im Haus, welches verschiedene wichtige Elemente überwacht. An einer Stelle im Haus zeigt es auf einem Bildschirm an, welches Element im Moment welchen Status hat.

Lebenswichtige bzw. überlebenswichtige Elemente können überprüft werden. Ist der Herd aus? Ist die Haustüre abgeschlossen? Ist die abendliche Rückmeldung des Notfallknopfes gegeben? Sind die Fenster zu? Ist die Arznei genommen?

Diese Anwendung wäre für ein Ambient Assisted Living System denkbar und hat

einige positive Aspekte.

Das System kann mit den Richtlinien des Universellen Designs angelegt werden, sodass es von jedem bedienbar ist, einschließlich Sehbeeinträchtigter, Demenzkranke oder Senioren, die eine neue Technologie nicht mehr erlernen wollen.

Voraussetzung wäre ein modularer Aufbau, um das System auf Bedürfnisse anpassen zu können. Bei fortschreitender Unselbstständigkeit oder Bedürftigkeit kann es erweitert werden. Eine andere Voraussetzung dafür ist die Fernsteuerbarkeit, damit Verwandte aus der Ferne neue Einstellungen vornehmen können und Nutzer, wenn es so gewünscht ist, nichts einstellen müssen. Zusätzlich könnte dadurch bei Wunsch des Anwenders eine Überprüfung aus der Ferne stattfinden.

Für eine solche Anwendung gibt es eine große Zielgruppe, was jedoch auch der Grund ist, warum es solche Systeme im Ansatz schon gibt, auch wenn diese sehr teuer sind und öfters einen großen Umbau erfordern. Einzelne Firmen bieten zum Teil ein einzelnes Element dieser Idee an, ohne es mit einer Vielzahl von Möglichkeiten zu verbinden. Zum Beispiel gibt es schon intelligente Arzneispender.

5.1.6. Rauchmelder

Die meisten Raumelder schlagen bei niedrigem Batteriestand Alarm. Für viele Personen (z.B. Senioren) ist es schwer die Batterie selbstständig und zeitnah auszuwechseln. Außerdem müssen Rauchmelder am höchsten Punkt eines Raumes angebracht werden, welcher oft nur schwer erreichbar ist.

Die Idee ist daher den Rauchmelder über eine App steuerbar zu machen und den Batteriestand anzuzeigen, damit man die Batterie dann in Ruhe wechseln kann. Außerdem könnte dadurch auch ein Alarm über das Handy angezeigt werden und die Chance Nachbarn und Feuerwehr zu informieren, ist auch aus der Ferne gegeben. Zusätzlich könnten Menschen mit Behinderungen z.B. Gehörlose dadurch, angepasst an die Bedürfnisse, den Alarm wahrnehmen.

Inzwischen sind solche Rauchmelder auch auf dem Markt und müssen daher nicht mehr entwickelt werden.

5.1.7. Waschmaschine - erkennen was nicht rein darf

Oft landen Gegenstände (Haarnadeln, Münzen, Sicherheitsnadeln, Klammern) mit der Kleidung in der Waschmaschine, welche für diese schädlich sein können.

Es wäre daher nützlich, wenn die Maschine selbst erkennen könnte, was nicht rein darf und dies dann melden würde. Dafür muss analysiert werden, was für die Maschine schädlich ist und daher aussortiert werden muss. Hier fängt jedoch schon das Problem an, da nicht automatisch alle spitzen Gegenstände z.B. aus Metall sind und daher durch einen Metalldetektor erkannt werden können.

Diese Anwendung wäre nützlich, jedoch ist die Idee zu unausgegoren und kann auch nur in Zusammenarbeit mit Maschinenherstellern entwickelt werden.

5.2. Projektidee

Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Idee ist eine Tasche, welche dem Nutzer dauerhaft Informationen über das Gewicht der Tasche zurück gibt, damit dieser daraus Rückschlüsse ziehen kann. Der Tasche wird eine eigene statische Intelligenz verliehen.

Zu schwere Handtaschen sind immer wieder die Ursache für Fehlhaltungen, Muskelprobleme, Kopfschmerzen und Krankheiten wie Arthritis.

Oft wäre es hilfreich zu wissen, wie schwer die eigene Handtasche ist. Es ist nicht immer leicht einzuschätzen, was man gerade trägt.

Außerdem weiß kaum jemand, welches Gewicht noch im Rahmen einer gesunden Belastung liegt.

Es gibt verschiedene Empfehlungen von Experten [82]. Die Einen raten dazu, nicht mehr als 10 % des eigenen Körpergewichts zu tragen, während Andere als maximales Gewicht pauschal 5 kg angeben. In der entwickelten Anwendung wird die erste Meinung als Grundlage genommen, da diese sich auf das Körpergewicht bezieht und daher auch detaillierter auf den Träger/ die Trägerin angepasst ist.

Außerdem sollte man beim Tragen häufig das Gewicht der Tasche von einer Schulter auf die andere verlagern, um eine einseitige Belastung auszuschließen und somit eine Fehlhaltung vorzubeugen. Auch hier wird die Anwendung unterstützend tätig sein.

Die Idee ist eine Tasche, die mit Hilfe von Sensoren das eigene Gewicht messen kann und gleichzeitig dem Nutzer darüber Informationen gibt. Sie unterstützt diesen, sodass er sich eine gesündere Trageweise angewöhnt.

Diese Anwendung bekommt den Arbeitstitel B³-Back backing Bag. Dieser ist ein Vorschlag für ein Markennamen und bedeutet übersetzt so viel wie "Rücken unterstützende Tasche". Da dies im Englischen ein angenehmes Wortspiel ergibt, welche die Funktionalität der Tasche sehr gut trifft und sich zudem aufgrund der gleichen Anfangsbuchstaben für eine Abkürzung (B³) eignet ist dies der vorläufige Name. Ob dies nun als "B hoch drei", "B to the power of 3" oder "BeThree" ausgesprochen wird, ist egal.



Abbildung 40: Logo "B³ - Back backing Bag"

5.3. Anwendungsfälle

Erst mit der Definition der Benutzer und deren Sichtweise auf die B³ können klare Ziele und Funktionen definiert werden. Daher ist dies der erste Schritt in einer Konzeption.

5.3.1. Anwendungsgebiete

Zielgruppe 1:

Eine der beiden Zielgruppen der B³ sind Personen, welche mit Rückenproblemen oder Verspannungen im Nacken, Schulter und Rückenbereich zu kämpfen haben. Diese Probleme können als Folge eines Unfalls, einer Fehlstellung der Wirbelsäule oder aufgrund einer grundsätzlicher Fehlhaltung oder aus einer ungeklärten Ursache auftreten. Jedoch wollen diese Zielpersonen ihre Tasche weiter tragen und benötigen somit eine Hilfestellung. Der Großteil dieser Personen sind Frauen, welche aufgrund von aktuellen modischen Trends nicht auf eine Tasche verzichten wollen. Dieser Trend beinhaltet auch, dass große BigBags immer beliebter werden. Die Zielgruppe schließt Männer aber nicht aus. Aufgrund von akuten Schmerzen während des Tragens oder späteren Folgeschmerzen sieht sich die Personengruppe gezwungen ihr Taschentrageverhalten zu ändern.

Zielgruppe 2:

Die andere Gruppe schließt alle Taschenträger ein, die ihre Umhängetasche, die Handtasche, die Laptoptasche, die Einkaufstasche, die Wickeltasche oder jegliche Art von Tasche nicht gegen eine schonendere und meist weniger modernere Art der Aufbewahrung und des Transports, wie Rucksack oder Rollwagen, austauschen wollen. Auch hier ist ausschlaggebend, welcher Trend die Taschenmode gerade vorgibt. Ohne Anhaltspunkt über das Gewicht und das Wissen um mögliche Folgeschäden gelingt es dieser Personengruppe nicht, weniger Inhalt in die Tasche zu packen und regelmäßig auszusortieren. Zu dieser Zielgruppe gehören auch Schüler, die ihre Unterrichtsmaterialien in Taschen, die dadurch oft zu schwer sind, tragen wollen.

Nutzersituation:

Taschen sind für den Träger oft wichtig und ohne einer dieser geht er nicht aus dem Haus. Auch für den Fall von schweren Gegenständen, wie ein Laptop oder eine ausreichend große Menge an Trinken muss es eine Tasche geben, die passend ist. Da diese Taschen in jeder Situation mitgetragen werden müssen, sollten sie angenehm an einem breiten Tragegurt befestigt sein. Jedoch wird dies bei der Auswahl oft nicht beachtet. Außerdem sind Handtaschen und Umhängetaschen, zum Beispiel für die Arbeit und für Universität/Schule oft gezwungenermaßen sehr voll, da viel benötigt wird. Die Ausgangssituation ist somit eine meist überladene Tasche, die nur nach modischen Aspekten gestaltet ist und zudem nahezu immer auf nur einer Schulter, der persönlich bevorzugten Seite, getragen wird. Kaum ein Taschenträger wechselt regelmäßig die Seite, meist aus Gewohnheit.

Außerdem fehlt das Wissen darüber, wie schädlich das einseitige Tragen von zu schweren Taschen für den Rücken auf Dauer sein kann.

Nutzungsziele:

Es gibt zwei definierte Ziele, die Nutzer mit dem Tragen der B³, erreichen sollen. Zum einen ist es ein Gefühl für das Gewicht der eigenen Tasche. Denn nur dadurch kann auch ein Gefühl dafür wickelt werden, welches die eigene Gewichtsgrenze bei Taschen ist. Wenn das erreicht ist, ist es einfacher das Gewicht entsprechend anzupassen und eventuell auch auf zwei verschiedene Taschen zu verteilen. Zum anderen ist es das Ziel, die Tragegewohnheiten umzustellen. Dazu gehört neben der

Gewichtsreduzierung auch, dass die Seiten regelmäßig gewechselt werden um eine verteilte Belastung auf der Wirbelsäule zu erreichen. Somit kann eine Fehlhaltung besser ausgeschlossen werden.

5.3.2. Use Case

Um die Sichtweise des Nutzers darzustellen, wird ein Use Case entwickelt. Das gibt die Möglichkeit einen guten Überblick über die Abläufe der Anwendung zu bekommen. Für Entwickler ist diese Ansicht hilfreich, da sich dadurch die Perspektive von Zeit zu Zeit wechseln lässt.

Es besteht die Möglichkeit bei einer Anwendung, wie die der B³, jeden einzelnen Schritt, also Gewichtsmessung, Seitenwechseln, Vibrationsansteuerung und Kommunikation mit App jeweils in einem Use-Case-Diagramm darzustellen. Dies macht in diesem Fall, aufgrund der Übersichtlichkeit der Funktionen und der für den Anwender einfachen Bedienbarkeit jedoch keinen Sinn. Als erstes wird eine textuelle Use-Case-Beschreibung vorgenommen. Diese wird in eine Tabellarische Form gebracht, wodurch klar einige Abläufe aus Sicht des Nutzers beschrieben werden.

Ziel:	Veränderung der Tragegewohnheiten
Ebene:	Hauptaufgabe, dauerhafte Durchführung
Hauptakteur:	Taschenträger
Stakeholder und Interessen:	Träger möchte seine Tasche so tragen, dass sie ihm nicht schadet.
Voraussetzung:	Das System muss an der Tasche installiert sein
Garantie im Erfolgsfall:	keine dauerhaften Schädigungen
Mindestgarantie:	Aktuell keinen Rückenprobleme, die durch zu schweres, einseitiges Tragen ausgelöst werden
Auslöser:	Tasche wird auf die Schulter gesetzt
Beschreibung:	1. Nutzer nimmt die Tasche auf 2. Nutzer bekommt Nachricht über das Gewicht der Tasche durch eine App und Vibration 3. Feedback über Vibration für Seitenwechsel (alle 5 Minuten (evtl. einstellbar))
Erweiterung:	2a. wenn Tasche immer noch zu schwer -> Vibration in regelmäßigen Abständen 2b. Nutzer füllt Tasche weiter -> Vibration in regelmäßigen Abständen 2c. Gewicht wird rausgenommen -> Vibration wird abgeschaltet.

Tabelle 3: textuelle Use-Case-Darstellung

Im nächsten Schritt wird aus dieser Darstellungsform ein Use-Cas-Diagramm entwickelt. Dieses stellt das System der B³ als Gesamtes da. Extra dargestellt

werden nur die Benutzer. Dabei sind jedoch nicht nur die Nutzer gemeint, sondern auch die eingebenden und ausgebenen Bauteile, da diese im Fall einer Use-Case-Darstellung auch als Benutzer behandelt werden. In dieser Darstellungsform wird nur die grundlegende Funktionalität und nicht der Ablauf und genaue Kommunikationswege dargestellt.

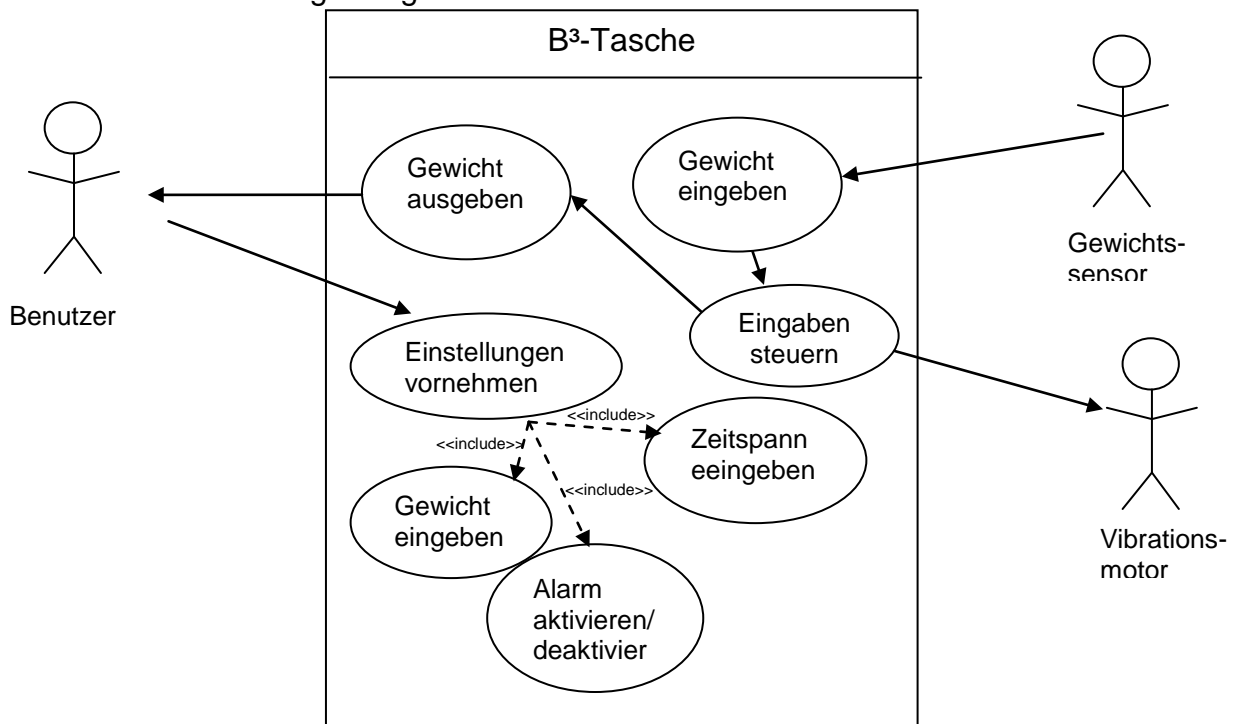


Abbildung 41: Use-Case-Diagramm

5.4. Zieldefinierung

Wie in Kapitel 3.4 genannt, gibt es einige Anforderungen an ein Wearable. Grundlegend dafür ist, dass den Entwicklern die Aufgabe des Produkts bekannt und bewusst ist. Diese müssen als Ziele formuliert werden. Die B³ hat folgende Ziele:

- Das Gewicht der eigentlichen Tasche messen und wiedergeben.
- Ein Gewicht, das mehr als 10% des Körpergewichts des Trägers ist, erkennen.
- Bei zu hohem Gewicht soll eine Vibration gestartet werden, die sich bei anhaltend zu hohem Gewicht regelmäßig wiederholt.
- Ein anderer Vibrationsrhythmus gibt einen Seitenwechseln in eingestelltem Abstand an.

Neben den eigentlichen Aufgaben der Anwendung gibt es noch andere Anforderungen. Eine davon ist die gute Bedienbarkeit. Die zur Tasche gehörende App muss instinktiv und einfach bedienbar sein. Außerdem muss die Platzierung der Mikrocontrollereinheit und der Sensoren mit wenigen Handgriffen in und an der Tasche erfolgen und einfach anpassbar sein. Ein anderer Punkt ist eine angenehme Tragbarkeit. Da die Schultermuskulatur vor allem bei Personen der ersten Zielgruppe meist sehr empfindlich ist, müssen sich Sensor und Motor komplett an den Taschenriemen anpassen, sodass keine Erhöhung entsteht, welche zu Druckstellen führen kann. Eine andere Anforderung ist die geregelte Energiezufuhr. Da die

Tasche dauerhaft verwendet wird, ist eine möglichst lange Energiezufuhr ohne Batteriewechsel wichtig. Daher muss auf energiesparende Technologien geachtet werden. Da es sich bei Taschen mehr um Modeaccessoires als um einen praktischen Gegenstand handelt, muss die Anwendung sich entweder komplett dem Design der Tasche anpassen oder unauffällig versteckt werden.

Auch die sechs Anforderungen an Wearables von Steve Mann sollen erfüllt werden.

Unmonopolizing: Bei der Konzeptionierung ist darauf zu achten, dass die B³ den Nutzer nicht von aktuellen Aufgaben ablenkt. Da die Funktionalität der Anwendung es zulässt, kann diese so konzipiert werden, dass keine aktive Benutzereingabe oder Aufmerksamkeit vom Nutzer nötig ist.

Unrestrictive: Dieser Punkt muss vor allem beim Design der Halterung für Motor und Sensoren bedacht werden. Diese darf den Nutzer in seiner Bewegung nicht einschränken.

Observable: Durch die Ausgabe über Vibration wird die Aufmerksamkeit des Nutzers immer wieder auf die Anwendung gelenkt.

Controllable: Bei der Umsetzung und Programmierung muss darauf geachtet werden, dass die Anwendung immer gestoppt werden kann.

Attentive: Die Funktionalität des Wiegens muss immer aktiv sein, da nur so Veränderungen wahr genommen werden können.

Communicative: Es muss eine Verbindung zur App aufgebaut werden, damit dem Nutzer die Daten verständlich mitgeteilt werden können.

5.5. Konzept

Ziel ist es eine Tasche, welche das eigene Gewicht messen kann und daran erinnert wenn es einen gewissen Wert überschritten hat, zu entwickeln. Außerdem soll diese Tasche auch aufzeigen, wann Zeit für ein Schulterwechsel ist. Um diese Idee umzusetzen benötigt man einige Bauteile. Neben einem Sensor, der das Gewicht wahrnehmen kann, ist noch ein Motor nötig, der das Feedback als Vibration zurück gibt. Außerdem ist eine App als Eingabeoberfläche für den Nutzer wichtig.

In einem Übersichtsdiagramm wird der Zusammenhang zwischen den einzelnen Elementen deutlich.

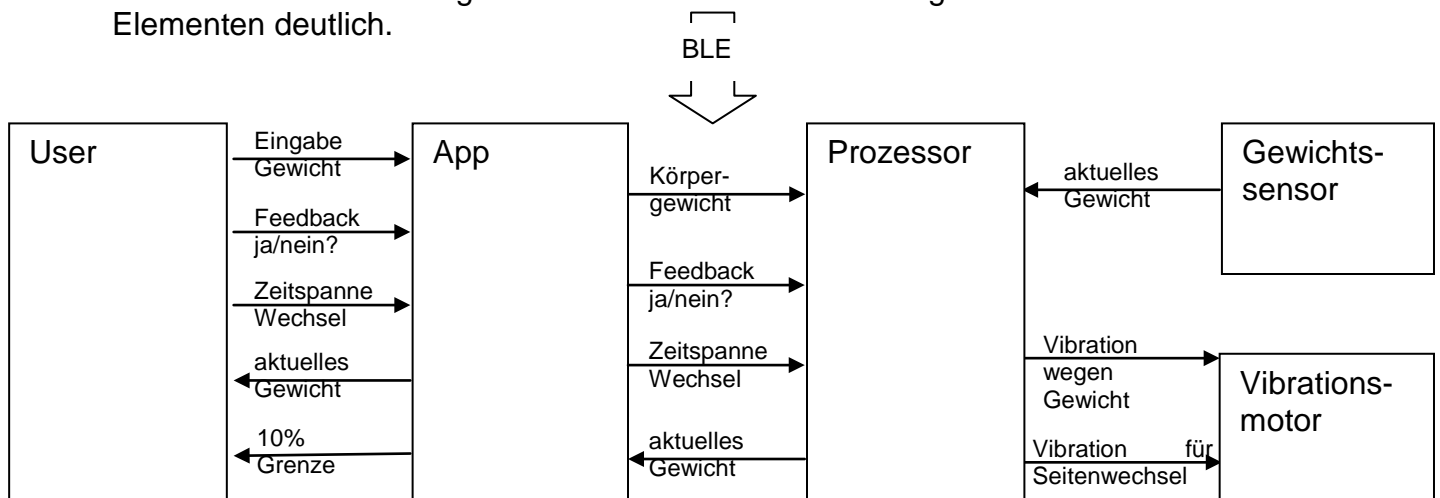


Abbildung 42: Übersicht Aufbau B³-Tasche

Am Anfang gibt der Nutzer in der App sein eigenes Gewicht ein und entscheidet, ob er ein Feedback über Vibration haben möchte. Diese Feedback umfasst auch die Rückmeldung zum Schulterwechsel. Es wird dringend empfohlen, dies zu aktivieren, da ansonsten der Sinn der B³ nicht umgesetzt werden kann. Diese Einstellungsmöglichkeit ist jedoch wichtig, da es sich manchmal nicht vermeiden lässt, kurzzeitig eine Tasche zu schwer zu beladen. In diesen Fällen, wenn man sich bewusst ist, dass das aktuelle Tragegewicht die persönliche Gewichtsgrenze überschreitet, soll die Möglichkeit bestehen für den Moment die Benachrichtigung stumm zu stellen, damit diese nicht störend ist. Auch über diese Situationen lässt sich lernen, welches Gewicht für den Anwender noch passend ist und dass es manchmal sinnvoll ist eine zweite Tasche mitzunehmen. Dadurch kann das Gewicht entsprechend verteilt und eine einseitige Belastung vermieden werden. Zusätzlich gibt der Nutzer noch ein, nach welcher Zeitspanne er an einen Schulterwechsel erinnert werden möchte. Der Defaultwert ist 20 Minuten.

Die App sendet nach der Eingabe dem Prozessor das eingegebene Körpergewicht und die Antwort über die Einstellungen zum Feedback. Dieser verarbeitet, sobald die Tasche auf der Schulter platziert wird, das Gewicht und errechnet davon 10%. Der Gewichtssensor, welcher zusammen mit dem Vibrationsmotor in den Riemen der Handtasche eingebaut ist oder angebracht werden kann, gibt dauerhaft das aktuelle Gewicht der Tasche zurück. Wenn dieses die 10% des Körpergewichts überschreitet, so wird eine Vibration ausgelöst. Diese Steuerung erfolgt durch den Prozessor. Dieser unterscheidet zwischen den zwei Vibrationssituationen. Die Erste wird immer dann aktiv, wenn das Gewicht zu hoch wird. Ändert sich zum Beispiel durch Zuladen das Gewicht, so wird der Alarm ausgelöst. Dies passiert auch, wenn die Tasche abgesetzt und neu umgehängt wird. Bei dauerhaft zu hohem Gewicht wird alle fünf Minuten daran erinnert. Für die zweite Situation läuft ein Timer. Nach der voreingestellten Zeit löst dieser immer wieder den Alarm für den Seitenwechsel aus. Zusätzlich wird dem Nutzer in der App angezeigt, was das aktuelle Gewicht der Tasche ist und ob dieses im Verhältnis zum eingegebenen Körpergewicht passend ist. Hierfür muss der Prozessor das aktuelle Gewicht an die App zurück senden.

5.6. Auswahl der Komponenten

Für die Umsetzung dieser Anwendung sind verschiedene technische Komponenten nötig. Neben der eigentlichen Intelligenz, dem Prozessor, sind die Sensoren und Aktoren nötig, welche für Input- und Outputsignale sorgen und das Element, welches die Kommunikation übernimmt. Im Folgenden soll auf diese Komponenten und warum welche gewählt wurden, eingegangen werden.

5.6.1. Prozessor und Kommunikation

Bluetooth Low Energy wurde als Kommunikationstechnologie ausgewählt, da dieses nur wenig Strom benötigt und somit eine dauerhafte und lang anhaltende Übertragung von Daten möglich macht. Bluetooth Low Energy hat zudem noch den Vorteil, dass die Kommunikation mit Apple-Geräten im Vergleich zur Kommunikation mit dem herkömmlichen Bluetooth vereinfacht wurde, da es nicht mehr dieselben Lizenzierungseinschränkungen gibt. Somit muss die Auswahl auf einen Prozessor fallen, welcher BLE-fähig ist.

Die erste Wahl fiel auf den TinyDuino Prozessor von TinyCircuits [66]. Dieser passt

mit seinen Spezifikationen zu dem geplanten Projekt und besticht vor allem durch die kompakte Bauweise. Mit diesem wurde der Aufbau der Anwendung geplant und getestet. Die Anbindung des Sensors und Aktors war damit erfolgreich. Zur Kommunikation soll das entsprechende BLE-Modul verwendet werden. Das BLE-TinyShield wird mit der Bluegiga-Firmware bespielt und versendet. Daher kann auch nur die zugehörige Bibliothek BGLib zur Programmierung verwendet werden. Da es mit dieser einige Schwierigkeiten gab, welche im Kapitel 5.9 (Auswertung und Probleme) etwas genauer erläutert werden, fiel die Entscheidung, die Produkte von TinyCircuits nicht zu verwenden und auf ein für BLE-Kommunikation ausgelegtes Produkt von RedBearLab [71] umzusteigen.

Da hier das kompakte Modell Blend Micro nur mit einer maximalen Betriebsspannung von 3,3 V und nicht mit 5 V arbeitet, wird das größere Modell Blend verwendet, da der verwendete Gewichtssensor nur bei 5 V eine annähernd korrekte Ausgabe macht. Dieses Modul ist deutlich größer als der TinyDuino, jedoch mit 19 g immer noch sehr leicht.

Für ein Wearable ist es entscheidend, dass die Technik nur wenig Gewicht, welches getragen werden muss, aufbringt. Bei dieser Anwendung ist dies vor allem wichtig, da es gilt aufzuzeigen, wie schwer die Tasche ist. Eine schwere Technik wäre hier ein Schritt in die falsche Richtung.

Das RedBearLab Blend hat das BLE-Modul direkt integriert und ist somit mit einem einzelnen Board schon vollständig.

Die Bluetoothverbindung hat die Aufgabe, alle gesammelten und erstellten Daten, welche dem Nutzer in der zusätzlich erstellten App zur Verfügung stehen sollen, zu übertragen. Außerdem werden eingegebene Daten, wie das Körpergewicht und die Einstellungen über die Vibrationsfunktion von der App per Bluetooth an den Mikrocontroller gesendet. Mit welchen Funktionen dies realisiert wird, wird im Kapitel 5.8. (Implementierung) im Detail erläutert.

5.6.2. Sensor

Um das Gewicht zu registrieren wird ein Gewichtssensor benötigt. Wenn man von einem maximalen Gewicht von 100 kg und einer Maximallast von 10% ausgeht sollte der Sensor mindesten 10 kg messen können. Um etwas Toleranz nach oben mit einzubeziehen sollte dieser Sensor ein bis zwei Kilogramm mehr messen können.

Um das Gewicht zu registrieren, wird ein Gewichtssensor benötigt. Um diesen zu dimensionieren, wird von einem Körpergewicht von maximal 100 kg ausgegangen. Bei dem empfohlenen Maximalgewicht der Tasche von 10% des Körpergewichts, muss der Sensor circa 10 kg messen können. Um einen Toleranzbereich mit einzubeziehen wären 1 - 2 kg mehr nützlich. Da der Sinn der Tasche ist, auf ein Gewicht über den 10% des Körpergewichts hinzuweisen, ist dieser Toleranzbereich wichtig.

Der Flexiforce 25lb Gewichtssensor [83] hat eine kreisrunde Auflagefläche, mit einem Durchmesser von 9,5 mm, und kann 25 lb und somit ca. 11,3 kg messen. Außerdem ist er nur 0,2 mm dick und kann dadurch unbemerkt in den Henkel der Tasche eingebaut werden. Um ein gutes Messergebnis zu erhalten, wird jedoch empfohlen ein Puck zu verwenden. Dies ist ein Teil, welches der Größe der Messfläche

entspricht und auf dieser aufliegt. Dadurch kann das Gewicht auf diese Fläche konzentriert werden. Es wird vermieden, dass sich das Gewicht großflächig um den Sensor herum verteilt. Somit geht kein Gewicht in die Umgebung verloren.

5.6.3. Aktor

Ein haptisches Feedback soll über Vibration realisiert werden. Hierfür wird ein kleiner Vibrationsmotor von Precision Microdrives [84] ausgewählt. Dieser eignet sich, da er auch mit einer 5 V Spannung betrieben werden kann, welche über die an den RedBearLab Blend angeschlossene Batterie ermöglicht wird. Außerdem ist die kompakte Größe gut für den Einbau, im Träger der Tasche, geeignet. Mit 3,4 mm Höhe und 10 mm Durchmesser verändert dieser Motor den Tragekomfort nicht. Mit 12000 Umdrehungen/Minute ist das Feedback auch stark genug um durch Kleidung hindurch spürbar zu sein. Über Ein- und Ausschaltkommandos im Code kann der Motor präzise gesteuert werden. Daher ist es auch möglich, je nach Nachricht, die der Nutzer bekommen soll, einen eigenen Rhythmus zu programmieren. Über einen einfachen Schaltkreis lässt sich dieser Motor in die Anwendung einbauen. Dieser wird im Kapitel 5.7 (Zusammenbau) genauer beschrieben.

5.6.4. APP

Um dem Nutzer außer dem haptischen Feedback ein optisches Feedback zu ermöglichen und außerdem eine Oberfläche zur Eingabe von Daten und Einstellungsmöglichkeiten verfügbar zu machen, wird eine App programmiert. Diese kann mit HTML, JavaScript und CSS erstellt werden und wird über die Software Evothings [85] darstellbar gemacht. Dafür gibt es eine Evothings Workbench und eine Evothings Client App, welche auf dem mobilen Endgerät installiert wird. Über die Workbench kann im Entwicklungsprozess der aktuelle Status direkt auf dem Smartphone in der Client App angezeigt werden. Um die App am Ende dann verfügbar zu machen gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder können alle Dateien auf einen Server geladen werden, um dann über eine URL von der Client App darauf zuzugreifen. Die andere Möglichkeit ist, die App mit Phonegap, einer anderen Software, zu einer nativen App umzuwandeln, um diese dann in Appstores zu veröffentlichen. Für diesen Prototyp wird die erste Variante gewählt, da dadurch der Prozess der Veröffentlichung in Stores wegfällt und der Zugriff einfach erfolgen kann. Der Schritt hin zu Veröffentlichung auf allen verfügbaren Plattformen ist jedoch ein kurzer, wenn auch sehr komplexer.

Evothings macht zudem auch die Kommunikation zwischen App und Mikrocontroller über BLE mit JavaScript-Programmierung möglich.

Die App dient dazu, eine andere Variante der Mensch-Computer-Interaktion zu ermöglichen. Dabei handelt es sich hier um eine, dem Nutzer vertraute, Möglichkeit.

5.7. Zusammenbau

Zu der Umsetzung einer solchen Anwendung gehört auch die Hardware zu verkabeln und alle Elemente zu verbinden. Die verwendeten Bauteile werden in Schaltkreise eingebaut. Diese werden im ersten Unterkapitel näher erläutert. Außerdem muss die Anwendung dann für den Prototyp verlötet und in die Tasche eingebaut werden.

5.7.1. Aufbau der Schaltkreise

Der hier aufgebaute Schaltkreis besteht aus zwei kleineren Schaltkreisen. Der eine beinhaltet den Motor [86], der anderen den Drucksensor [87].

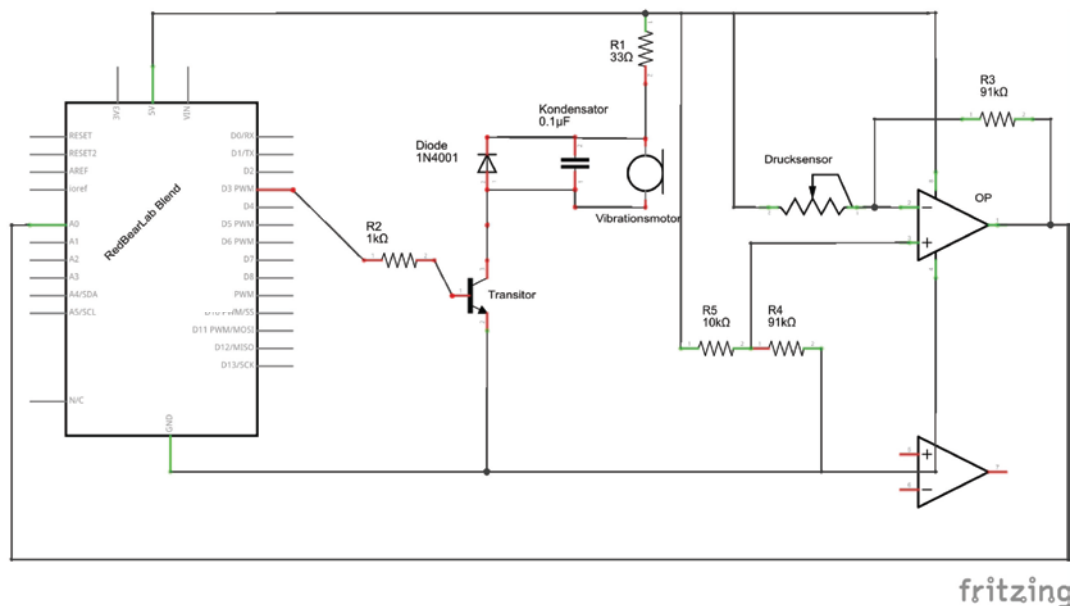


Abbildung 43: Schaltplan

Grundsätzlich wäre es möglich, den Motor mit einem Widerstand direkt anzuschließen. Um jedoch den Mikrocontroller besser vor zu großer Spannung schützen zu können, ist es sinnvoll einige weitere Bauteile mit einzubauen. Zum einen benötigt man eine entgegengesetzt gerichtete Diode, welche parallel zum Motor eingebaut ist. Diese schützt den Controller vor Spannungsspitzen, welche der Motor automatisch im Betrieb immer wieder produziert.

Der 0,1 μF Kondensator fängt Spannungsspitzen, welche beim Öffnen und Schließen der Kontakte im Motor produziert werden, ab. Dieser wird auch parallel zum Motor geschaltet.

Zudem wird in Anschluss an diese drei parallel geschalteten Elemente ein Transistor eingebaut. Ein Transistor hat 3 Pins, welche Basis, Kollektor und Emitter genannt werden. In diesem Aufbau wird der Kollektor an die Seite des Motors angeschlossen, der Emitter an den Massepunkt und die Basis wird mit dem digitalen Pin 3 am Board, über einen Widerstand, verbunden. Dieser Transistor hat die Aufgabe, mit kleinem Strom an der Basis, also von Pin 3, einen größeren Strom auf der Strecke zwischen Kollektor und Emitter zu steuern. Dadurch kann eine schwache Stromstärke am Pin trotzdem ein elektrisches Bauteil, in diesem Fall den Motor, welcher 75 mA benötigt, steuern. Dem Vibrationsmotor wird somit ein stetiger Strom zugeführt.

Der Widerstand der an den Emitter-Pin anschlieÙt, garantiert, dass nicht zu viel Strom zum Motor gelangt und diesen beschädigt. Zudem wird auch noch ein Widerstand vor dem Motor benötigt.

Der zweite Teilschaltkreis ist für das Auslesen des Drucksensors. Würde man diesen nur mit einem Widerstand an Masse anschließen und zudem vom gleichen Pin die Daten ablesen, sowie am anderen Pin mit 5 V verbinden, so würde der Sensor nur Werte zwischen 0 und 1023 ausgeben, welche man dann zum Beispiel in Volt

umrechnen kann. Da die Kurve des Sensors jedoch nicht linear verläuft, hat man nur Richtwerte.

Um auf ein genaues Ergebnis in Kilogramm zu kommen wird ein etwas komplexerer Schaltkreis benötigt. Der erste Anhaltspunkt für dessen Aufbau ist, dass der Sensor mit -5 V betrieben wird. Somit wird ein Differenzverstärker (Subtrahierer) benötigt. Für diesen wird am Pluspol ein Spannungsteiler (bestehend aus einem 10 kOhm-Widerstand und einem 91 kOhm-Widerstand) vorgeschaltet. Am Minuspol ist der Drucksensor angeschlossen und zusätzlich wird dieser über einen zweiten 91 kOhm-Widerstand mit dem Ausgang verbunden. In diesem Schaltkreis muss der Sensor kalibriert werden. Dafür wird ein eigenes kurzes Arduino-Skript geschrieben, welches bei einem Gewicht nahe der Maximalbelastung einen Wert aus gibt, der dann in den Original-Code eingetragen werden kann. Zusammen mit dem bei der Kalibrierung verwendeten Gewicht, kann dieser weiter verarbeitet werden. Über die Formel des Operationsverstärkers kann der endgültige Wert in Kilogramm ausgegeben werden.

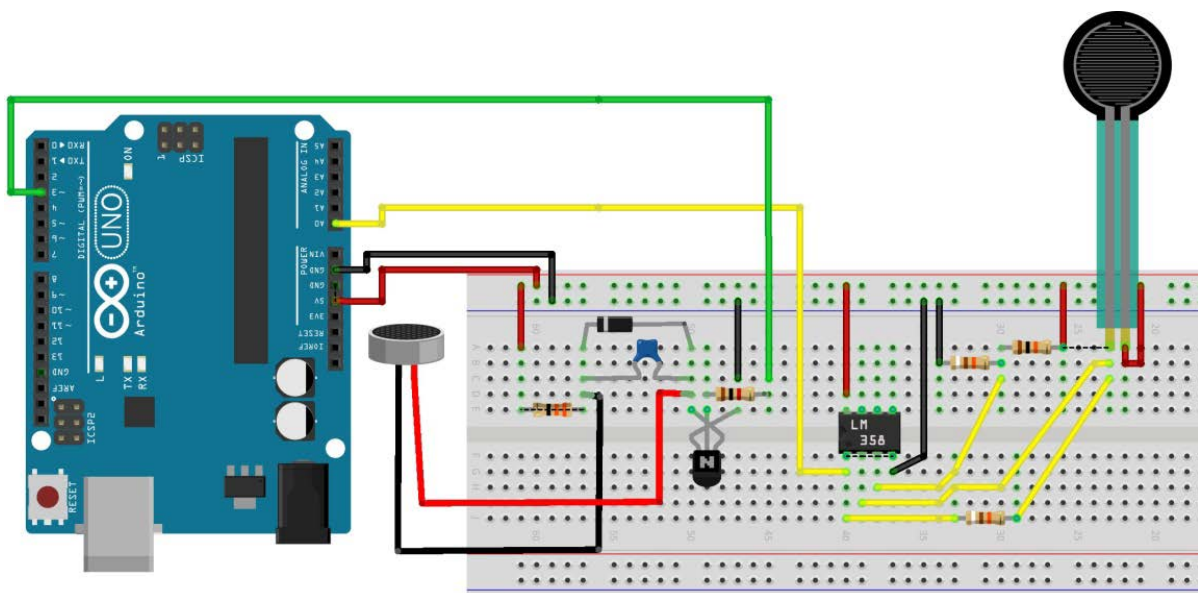


Abbildung 44: Steckplatine

Um dies auf einen realen Aufbau zu übertragen, kann mit der Software Fritzing eine Visualisierung der Steckplatine erstellt werden. In Abbildung 44 ist hier ein Arduino Uno anstelle des RedBearLab Blend eingefügt. Nach dieser Planungsvorlage wird nun zuerst der komplette Aufbau mit Hilfe eines Steckboards umgesetzt und getestet.

Erst im Anschluss darauf erfolgt das Löten der einzelnen Elemente zu einem Kreislauf. Um einen Überblick zu behalten macht es Sinn die Kabel farblich eindeutig auszuwählen. Die Kabel des Vibrationsmotors sind jedoch farblich vorgegeben. Abgesehen von diesen, sind Kabel, welche direkt an 5V angeschlossen sind, rot.

Kabel, die an den Massepunkt angeschlossen werden, sind schwarz und die Kabel für die Sensoren sind grün (Vibrationsmotor) und gelb (Gewichtssensor). Dieser Aufbau hat so funktioniert. Im Aufbau mit dem Breadboard sind aufgrund eines Mangels an Kabel mit bestimmter Farbe, nur für die direkten Verbindungen zu den Pins am Board die farblich passenden gewählt.

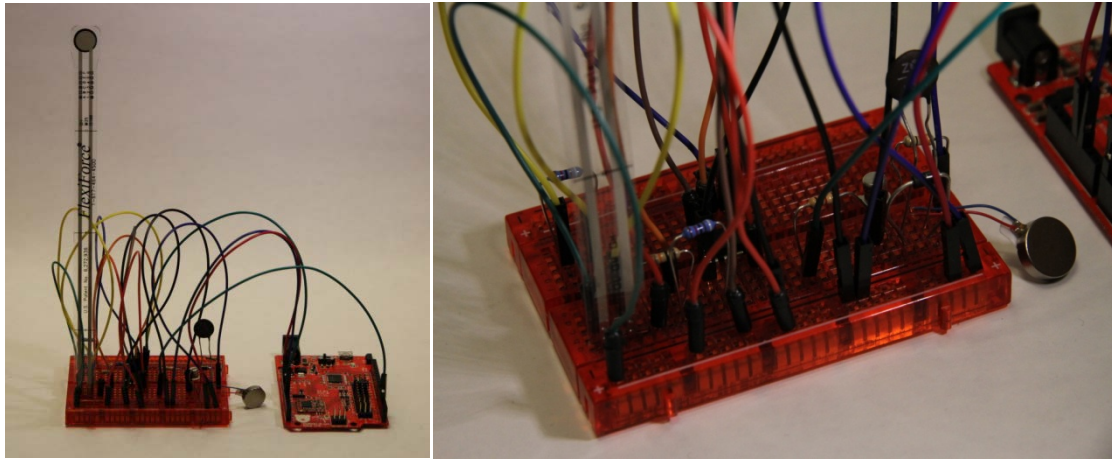


Abbildung 45: Breadboard Aufbau

5.7.2. Einbau in die Tasche

Um die so zusammengeschlossenen Bauteile nun auch sinnvoll in die Tasche verbauen zu können, müssen sie als Erstes verlötet werden. Dazu muss noch eine kleine Lötplatine mit den entsprechenden Verbindungen erstellt werden. Diese kann auch mit Fritzing geplant werden.

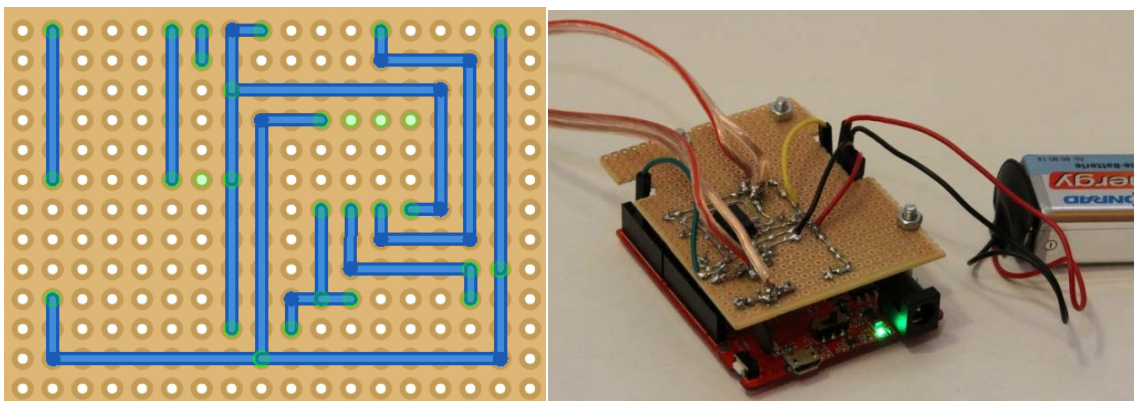


Abbildung 46: Lochrasterplatine Planungsgrundlage und gelötete Platine

Auf der Lochrasterplatine werden die einzelnen Bauteile aufgelötet. Zudem werden lange Kabelstränge zum Vibrationsmotor und zum Gewichtssensor hergestellt. Alle anderen Verbindungen, auch jene, welche mit dem Prozessorboard verbunden werden, haben kurze Kabelstrecken. Dies liegt daran, dass außer den beiden im Henkel benötigten Bauteile alle kompakt und nah beisammen in der Tasche verstaut werden.

Zudem muss für die Integration in Henkel eine Halterung gebaut werden. Um das Gewicht möglichst vollständig auf den kleinen Kreis des Gewichtssensors zu platzieren, wird ein Puck, wie er schon beschrieben wurde, eingebaut. Zudem wird eine auf der Schulter aufliegende harte Unterlage benötigt, damit der Sensor richtig misst. Eine Auflagenschiene für den Taschengurt ist nötig, damit das Gewicht sich nicht auf die Unebenheiten der Schulter verteilt und sich möglichst vollständig am höchsten Punkt, an welchem der Drucksensor platziert ist, zentriert.

Um hierfür eine gute Lösung zu finden, waren einige Versuche nötig. Das Hauptziel dabei war, ein möglichst konstantes und gutes Messergebnis zu bekommen.



Abbildung 47: Trägerelement Variante 1 - Konstruktion und Ummantelt

Bei der ersten Variante wurden zwei biegbare, halbrunde Metallschienen verwendet. Auf der Unteren wird der Drucksensor aufgeklebt. Diese liegt dann auf der Schulter auf. An der Oberen ist eine Schraube als Puck befestigt. Diese beiden Schienen und der Puck werden zusammengebaut und mit Stoff ummantelt. Dadurch ist eine gute Stabilität gegeben und der Sensor kann in der Halterung nicht verrutschen. Zudem ist dadurch ein angenehmer Tragekomfort gegeben. Dieser Stoffschlauch, in welchem die Halterung eingenäht ist, wird mit einem Klettverschluss versehen, damit er einfach und flexibel am Trageriemen der Tasche befestigt werden kann. Diese Variante war stabil und gut zu tragen. Jedoch wurde die obere Schiene durch das Gewicht der Tasche so weit durchgebogen, dass sie an die untere Schiene gedrückt wurde. Dadurch wurde das Gewicht der Tasche nicht mehr allein von der oberen Schiene gehalten, sondern auch auf die untere übertragen. Dies hat zu Verfälschungen in der Gewichtsaufnahme geführt.

Aus diesem Grund wurde eine neue Variante entwickelt. Bei dieser war der Grundgedanke, dass es vermeiden werden soll, dass die obere und untere Schiene sich unter Belastung berühren. Dies kann ermöglicht werden, wenn die obere Schiene weniger biegsam ist. Um diese Schiene zu versteifen, wurde sie mit zwei weiteren verklebt. In einigen Testmessungen hat sich herausgestellt, dass die Gewichtsaufnahme über die zweite Variante des Trägerelements bis ca. 3 kg sehr gut funktioniert. Ab einem Gewicht von 4,5 kg war eine deutliche Verfälschung vorhanden, da die versteifte Schiene sich bis auf die untere Schiene durchgebogen hat.



Abbildung 48: Trägerelement Variante 2

Das Resultat aus diesen Tests war, dass eine neue Variante mit starrer oberer Schiene benötigt wird. Letztendlich fiel die Wahl auf zwei gerade Metallstücke, welche die obere und untere Schiene bilden. Da es bei der unteren nicht so wichtig ist, dass sie komplett unbiegsam ist, konnte hier ein dünneres Stück gewählt werden. Bei der oberen Schiene wurde ein leicht gerundetes Metallstück gewählt. Dies hat mehrere Vorteile. Zum einen ist dadurch die Steifigkeit erhöht und zum anderen ist so eine Führungsschiene für den Träger gegeben. Mit Hilfe von zwei Schrauben, welche an den Rändern die beiden Schienen verbinden, wird ein Verrutschen verhindert. Diese müssen jedoch so angebracht sein, dass die obere Schiene frei

beweglich ist und durch diese Schrauben kein Gewicht auf die untere Schiene übertragen wird. Sie gilt lediglich als seitliche Stabilisierung. Der Gewichtssensor ist auf der unteren Schiene aufgelegt und wird durch eine Führungskonstruktion gehalten. Zusätzlich wird ein Führungsloch benötigt, um zu garantieren, dass der Schraubenkopf, welcher als Puck dient, nicht verrutscht und das Gewicht exakt auf den Drucksensor leitet. Beide Funktionalitäten können in einem Bauteil umgesetzt werden. Damit nun der Träger gut auf dieser Konstruktion aufliegt, wird an drei Stellen eine Öse eingestanzt. Die mittlere sorgt für eine gute Auflage, während die anderen garantieren, dass auf den äußeren Schrauben kein Gewicht lastet.

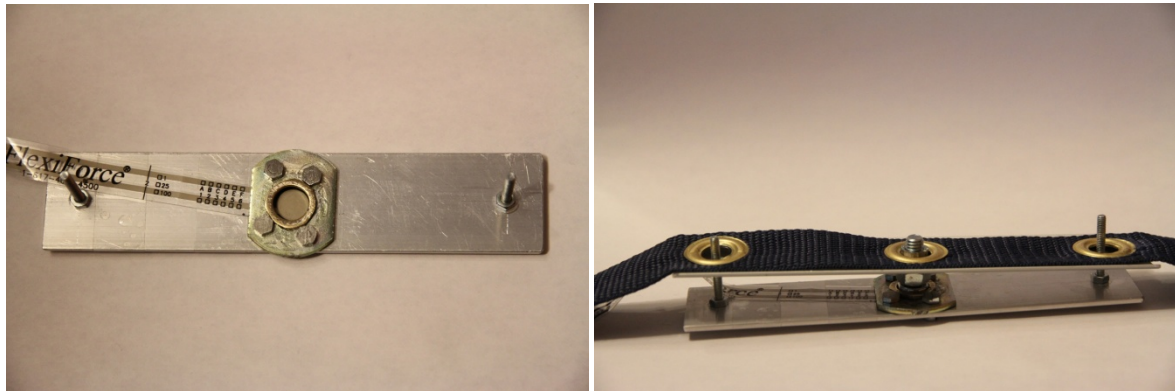


Abbildung 49: Trägerelement Variante 3 - Sensorplatzierung und ganzes Element

Im Eigenbau ist es nicht möglich, hierfür passende Teile, welche gleichzeitig komfortabel tragbar sind und sich der Form der Schulter anpassen, zu erstellen. Trotzdem wurde diese Variante gewählt, da gute Messerwerte im Prototyp wichtiger sind. Dieses Trägerelement gibt etwas bessere Ergebnisse zurück und erfüllt somit in erster Linie das Ziel der Funktionalität. Leider gibt auch hier der Sensor unter gleichen Bedingungen sehr schwankende Messwerte aus. Für ein komfortables Tragen muss diese Variante unter besseren Produktionsbedingungen weiter entwickelt werden.

Der Mikrocontroller und die gelötete Lochrasterplatine werden mit Hilfe von Schrauben aneinander befestigt, sodass die Bauteile zwischen beiden geschützt liegen und eine neue Einheit bilden. Diese wird gemeinsam mit dem 9 V-Block in einer Schachtel, welche in der Tasche Platz findet, aufbewahrt. Die Schachtel ist aus stabilem Karton hergestellt, da dieses Material am besten mit einer leichten Wärmeentwicklung umgehen kann und die Übertragung über Bluetooth so nicht abgeschirmt wird. Von dort aus werden die Kabel am Taschengurt entlang zur Halterung geführt.

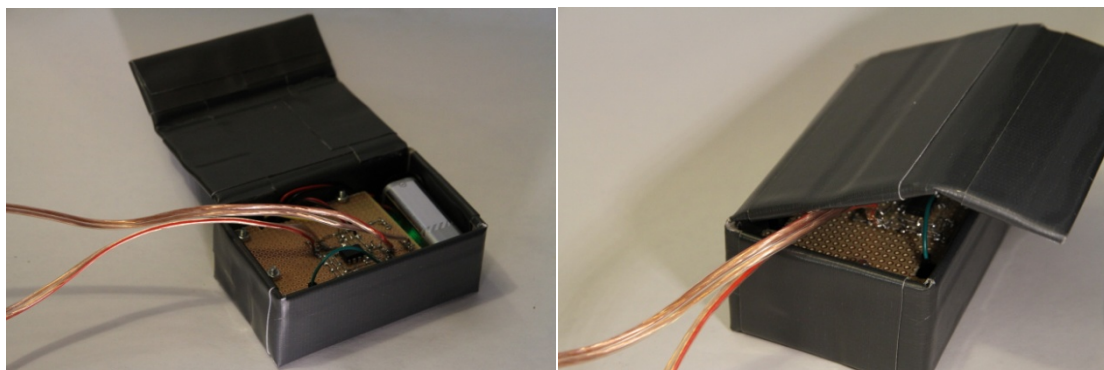


Abbildung 50: handlich verpacktes Modul

5.8. Implementierung

Bei der Implementierung spielen verschiedene Programmiererebenen eine Rolle. Die eine Ebene beinhaltet die Programmierung auf dem Mikrocontroller. Diese wird in C in der Arduino Programmierumgebung vorgenommen. Die andere Ebene ist die Erstellung der App, wobei hier die Funktionalitäten vor allem in JavaScript umgesetzt werden. Die Kommunikation über BLE muss natürlich auf beiden Seiten implementiert werden.

5.8.1. Mikrocontroller

Für die Funktionalität des Mikrocontrollers wird ein Programm erstellt, welches aus den einzelnen Teilen, die im Folgenden beschrieben werden, besteht. Grundsätzlich besteht ein Arduino Programm aus zwei Hauptfunktionen, welche in jedem Programm vorkommen müssen. Dies ist zum einen die `setup()`-Funktion und zum anderen die `loop()`-Funktion.

```
void setup() {
}

void loop() {
}
```

Die Erste beinhaltet, wie der Name es schon aussagt, alle Anweisungen, die durchgeführt werden müssen, um ein Programm zu initialisieren. Die Zweite wird in jedem Frame neu aufgerufen und muss somit die Funktionen und Anweisungen beinhalten, welche aktualisiert werden müssen. Jede weitere extra geschriebene Funktion muss aus eine dieser beiden Funktionen aufgerufen werden. Das Programm der B³-Tasche teilt sich inhaltlich in die Programmierung der Sensoren, des Vibrationsmotors und der Kommunikation mit der App auf. Neben diesen in den folgenden Unterkapiteln beschriebenen Funktionalitäten müssen die Daten noch folgendermaßen verarbeitet werden.

1. Eine Kontrollabfrage überprüft, ob das Gewicht der Tasche gerade noch null war und die Tasche somit gerade neu aufgesetzt wurde. Wenn dies der Fall ist, wird eine Variable (`newWeight`) auf wahr gesetzt.
2. In jedem Frame wird ein Timer, welcher überprüft ob die Zeitspanne, nach welcher an das Gewicht erinnert werden soll, abgelaufen ist, kontrolliert. Ist die Zeit abgelaufen, so wird auch diese Variable (`rememberWeight`) auf wahr gesetzt.
3. Eine andere Variable enthält Informationen darüber, ob der Nutzer den Vibrationsalarm aktiv gesetzt hat. Wenn dieser aktiv ist und eine der Variablen aus 1 und 2 auch wahr sind, wird das aktuelle Gewicht überprüft. Ist dieses zu schwer, so wird die Vibrationsfunktion aufgerufen.
4. Ein anderer Timer ist für die Erinnerung an den Seitenwechsel zuständig. Wenn es hierfür an der Zeit ist, wird die Vibrationsfunktion direkt aufgerufen.

5.8.1.1. Sensorauswertung

In der Setup-Methode muss zum einen der Pin, an welchen der Sensor angeschlossen ist, als Input definiert werden und zum anderen muss eine grundlegende Berechnung, welche mit der Formel des Operationsverstärkers zusammen hängt, durchgeführt werden.

```
// fsrPin (Pin A0) wird als Input definiert
pinMode(fsrPin, INPUT);

// Berechnung einer Variable für die Interpretation des Gewichtssensors
D = calForceInLbs * calResistance / R2 / (10.0 - kTimesTen) * 10.0;
```

Im Folgenden (void loop()) wird als erstes der analoge Wert des Sensors eingelesen. Dieser wird dann weiter verrechnet, um aus dem Wert, welcher zwischen 1023 und 0, liegt ein reales Gewicht zu erhalten. Dieses wird dann noch in Kilogramm umgerechnet.

```
//Einlesen des Inputs über den Gewichtssensor
WeightInput = analogRead (fsrPin);

//Verrechnen des analogen Wertes
weightInLbs = 100*(D * (kTimesTen/10.0-(WeightInput/1023.0)));
weightInKg = (weightInLbs / 2.2046);
delay(50);
```

Grundsätzlich gibt der Sensor nicht immer identische Werte zurück, da er abhängig von den Umgebungsvariablen, wie Temperatur, ist. Bei vorheriger Sensibilisierung kann das Ergebnis optimiert werden, jedoch nie auf eine einheitliche Ausgabe bei gleichem Gewicht gesetzt werden. Mit Hilfe von Testreihen wurde eine angepasste Verlaufskurve bei ansteigendem Gewicht ermittelt. Bei dieser ist die Steigung etwas verändert (*1,15) und ein Offset (-0.2) mit einberechnet. Kurz vor dem Senden werden diese Werte mit dem Ergebnis verrechnet.

5.8.1.2. Vibrationsansteuerung

Der Vibrationsmotor hat zwei Situationen, in denen er zum Einsatz kommt. Für diese muss ein klar unterscheidbares Vibrationsmuster erstellt werden. Deswegen gibt es die beiden Funktionen vibrateWeight(), welche aufgerufen wird, wenn der Motor aufgrund des Gewichts vibrieren soll, und vibrateChange(), welche den Seitenwechsel der Tasche ansagt. Grundsätzlich kann der Motor über "digitalWrite(motorPin, HIGH);" angeschaltet und über "digitalWrite(motorPin, LOW);" ausgeschaltet werden.

Über folgende Zeilen wird für den Vibrationsmotor ein Pin definiert, an welchen er angeschlossen ist.

```
//Vibrationsmotor ist an Pin 3 angeschlossen
const int motorPin = 3;
```

Zudem muss in der setup()-Methode die Datenrate eingestellt werden und eben dieser Pin als Output definiert werden.

```
// Pin 3 wird als Output definiert
pinMode(motorPin, OUTPUT);
```

Wenn das Gewicht zu hoch ist, vibriert der Motor für eine Sekunde bevor er wieder

abgestellt wird. Dafür wird eine eigene Funktion aufgerufen.

```
//Funktion für Vibration bei zu hohem Gewicht
void vibrateWeight() {
    digitalWrite(motorPin, HIGH);
    delay(3000);
    digitalWrite(motorPin, LOW);
    delay(3000);
    digitalWrite(motorPin, HIGH);
    delay(3000);
    digitalWrite(motorPin, LOW);
}
```

Wenn die Schulter gewechselt werden soll, wird eine 1 Sekunden dauernde Vibration eingeschaltet. Diese kommt vier Mal mit jeweils Pausen von 0,3 Sekunden.

```
//Funktion für Vibration für Seitenwechsel
void vibrateChange() {
    digitalWrite(motorPin, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(motorPin, LOW);
    delay (300);
    digitalWrite(motorPin, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(motorPin, LOW);
    delay (300);
    digitalWrite(motorPin, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(motorPin, LOW);
    delay (300);
    digitalWrite(motorPin, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(motorPin, LOW);
    delay (300);
}
```

5.8.1.3. Kommunikation mit App

Um Bluetooth Low Energy verwenden zu können wird die RBL_nRF8001.h-Library von RedBearLabs benötigt, welche die allgemeine BLE Library von Nordic mit einschließt. Diese ermöglicht über einige spezielle Kommandozeilen die Kommunikation über BLE zu einem anderen Endgerät. [85]

Im Setup muss zum einen über `ble_begin()` die Bibliothek gestartet werden und zum anderen muss ein eindeutiger Name für das Modul gewählt werden, welcher im Javascript-File identisch sein muss

```
// Initialize BLE library.
ble_begin();
// Set a custom BLE name.
ble_set_name("RBLBlendB3");
```

In `ble_do_events()` in der `loop`-Methode kann eine Anfrage gestartet werden. Diese Funktion sollte nach jedem Schritt aufgerufen werden um die Daten aktuell zu halten.

Mit dem Aufruf der Funktion `ble_available()` kann abgefragt werden, ob Daten ankommen. Diese Daten werden über `ble_read()` gelesen und können einer Variablen zugeordnet werden. Wenn mehrere Werte direkt hintereinander gesendet werden, können diese mit der gleichen Funktion direkt nacheinander abgefragt werden. Drei verschiedene Variablen werden von der App zum Mikrocontroller

geschickt und dort empfangen. Zum einen ist es das eingegebene Körpergewicht des Nutzers. Zum anderen ein Wert, welcher beinhaltet, ob der Alarm aktiv sein soll und drittens eine Variable, welche eine Zeitangabe über den Abstand der Erinnerung enthält. Diese drei Werte werden jeweils in globale Variablen innerhalb des Programms geschrieben oder gesetzt je nach Wert eine Variable auf True oder False.

```
//BLE Kommunikation - Lesen von 3 Variablen
while(ble_available()) {

    int readInput1 = ble_read();
    bodyweight = readInput1;
    int readInput2 = ble_read();
    if (readInput2 == 1)
    {
        aktiv = true;
    }
    else if (readInput2 == 0)
    {
        aktiv = false;
    }
    else {
    }
    int readInput3 = ble_read();
    timeIntervallChange = readInput3*60000;
}
// Process BLE events.
ble_do_events();
```

Daten, welche vom Prozessor zur App geschickt werden sollen, werden in einen Array geschrieben. Dieser wird mit `ble_write_bytes()` alle 30 Frames gesendet. Dazu muss der Datentyp, die Variable und die Länge der Daten übergeben werden. Davor wird noch der Mittelwert der letzten 30 Daten des Sensors berechnet.

```
// Errechnen eines Durchschnitts
counter = counter +1;
if (counter == averageNumber){
    result = 0;
    for (int y =0;y<averageNumber;y++){
        result = result + average[y];
    }
    averageData = result/averageNumber;

    //Gewicht wird in Array geschrieben
    sendingData[0] = averageData*1.15-0.2;

    // BLE Kommunikation - Senden der Daten
    ble_write_bytes((byte*)&sendingData[0], 8);
    counter = 0;
}

// Process BLE events.
ble_do_events();
```

5.8.2. App

Die App ist ein wichtiger Bestandteil der ganzen Anwendung, da vor allem der Nutzer dadurch einen Zugewinn hat, dass nicht nur ein haptisches, zum Teil schwer verständliches, Feedback Teil der Anwendung ist. Außerdem kann er selbst Einstellungen vornehmen. Im folgenden Kapitel sollen zum einen die Funktionalitäten der App beschrieben, zum anderen die Kommunikationswegen aufgezeigt werden. Die Funktionen der App werden mit JavaScript programmiert, die Gestaltung der HTML-Elemente erfolgt mit CSS.

5.8.2.1. Funktionalitäten der App

Wie schon genannt, soll die App auf der einen Seite das aktuelle Gewicht der Tasche und das maximal empfohlene Gewicht, dass sich aus dem Körpergewicht berechnet, anzeigen. Zum anderen soll jedoch auch der Nutzer Einstellungsmöglichkeiten haben.

Dafür ist die App in zwei Seiten unterteilt. Die Startseite zeigt direkt an, was der Nutzer sehen will. Dies sind die Daten zum aktuellen und maximalen Taschengewicht. Außerdem ist von dort der Zugriff auf die zweite Seite, die Seite der Einstellungen, möglich. Zudem ist hier noch eine Ampel-Funktion eingebaut, welche dem Nutzer anzeigt ob die Tasche das richtige Gewicht hat (grün), im Grenzbereich, also im Bereich zwischen dem Maximalgewicht und einem Kilogramm weniger, liegt (gelb) oder ob die Tasche zu schwer ist. Die jeweils nicht angewählten Farben sind etwas blasser dargestellt.

Die zweite Seite wird über den Button "Einstellungen" erreicht. Auf dieser kann als erstes das eigene Körpergewicht eingetragen werden. Direkt darunter besteht durch einen Button Zugriff zu einem PopUp-Fenster, welches abfragt, ob die B³-Tasche dem Nutzer eine Rückmeldung per Vibration geben soll oder nicht. Über ein Textfeld kann außerdem noch eingetragen werden, in welcher Zeitspanne eine Vibration an einen Taschenwechsel erinnern soll. Diese Seite ist als extra div-Element dargestellt, welches ja nach Status ein oder aus geblendet wird. Für das und für die Verrechnung aller Daten sind verschiedene JavaScript-Funktionen angelegt.

All diese Werte werden in einzelnen Variablen gespeichert, welche später versendet werden können.



Abbildung 51: Startseite App mit drei verschiedenen Taschengewichten

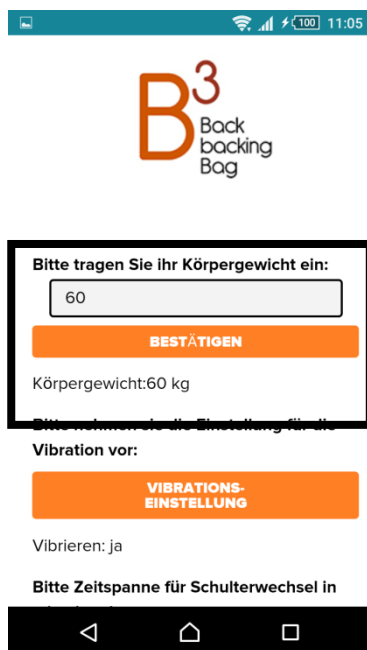


Abbildung 52: Einstellungen Körpergewicht

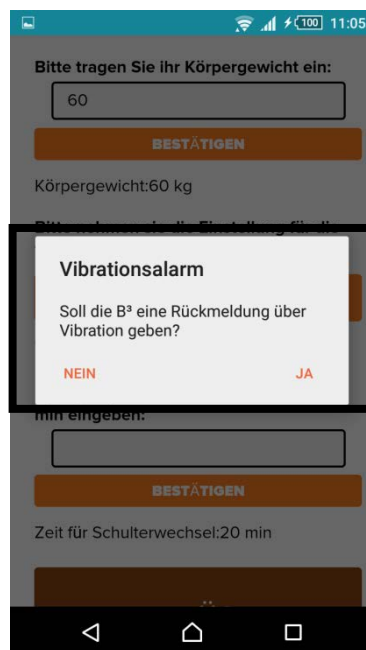


Abbildung 54: Einstellungen Vibration

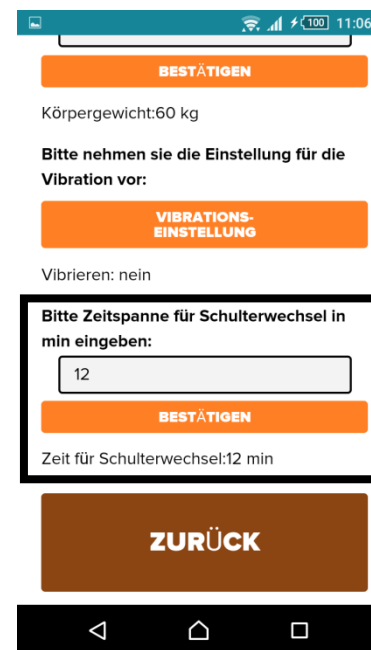


Abbildung 53: Einstellung Zeitspanne

5.8.2.2. Kommunikation mit Mikrocontroller

In Javascript wird ein Objekt angelegt, welches alle Funktionen der App beinhaltet. Für den Aufbau der Verbindung müssen einige Schritte durchlaufen werden. [85]

Die App sucht nach einem BLE-Gerät in der Nähe. Wenn eines gefunden ist, wird versucht mit diesem eine Verbindung aufzubauen. Dafür werden Modulname und UUIDs mit Hilfe von Services mit den hinterlegten Daten verglichen. Wenn diese übereinstimmen kann eine Verbindung aufgebaut werden und RX/TX Services initialisiert werden. Bevor Daten gesendet werden können müssen die Benachrichtigungen aktiviert werden. Dies geschieht indem ein erstes Mal Daten gesendet werden, welche dem Mikroprozessor signalisieren, dass das Smartphone für Benachrichtigungen bereit ist. All diese Schritte werden in mehreren JavaScript-Funktionen durchgearbeitet.

War dies erfolgreich, so können Daten gesendet und empfangen werden. Dafür gibt es Funktionen des Objektes.

Zum Empfangen der Gewichtsdaten der Tasche wird folgende Funktion innerhalb der Benachrichtigungsfunktion aufgerufen, wann immer Daten zur Verfügung stehen.

```
receivedData: function(dataArray)
{
    receivingData[1] = new DataView(dataArray).getFloat32(0, true);
    bagWeight = receivingData[1];
}
```

Diese werden in einen Array geschrieben, welcher den einzelnen Wert direkt in eine eigene Variable überschreibt. Dieser wird dann innerhalb dieser Funktion noch ausgegeben, sodass bei jeder Aktualisierung die Anzeige geändert wird.

Sobald die in der App vorgenommenen Einstellungen gespeichert werden, wird eine

Funktion aufgerufen, welche diese Daten an den Mikrocontroller sendet.

```
sendSettings: function()
{
    app.write('writeCharacteristic',
        app.deviceHandle,
        app.characteristicWrite,
        new Uint8Array([bodyWeight, shouldVibrate, timeSpan])
    );
},
```

Diese Funktion ruft lediglich eine Library-Funktion auf, welche die Daten sendet. An diese werden die zu sendenden Werte übergeben. Zudem müssen andere Informationen, wie die UUID für das Senden der Daten und der Handler, mitgesendet werden.

5.9. Aufgetretene Probleme

Bei der Umsetzung der B³-Anwendung ist es zu einigen Problemen gekommen. Diese sollen im folgenden kurz erläutert werden.

Die erste Schwierigkeit hing mit der Bluetooth-Kommunikation zusammen. Das Modul von TinyCircuits ließ sich am Anfang problemlos von Scanner-Apps erkennen. Unerklärlicherweise hat dieser Vorgang nach einer Weile nicht mehr funktioniert. Nach Rücksprache mit dem deutschen Händler der TinyCircuits-Produkte wurde das Modul von meiner Seite aus auf die verschiedenen möglichen Ursachen geprüft. Es entstand die Vermutung, dass es einen unerklärlichen Spannungsabfall auf dem BLE-Modul gibt. Daher wurde dieses eingeschickt und vom Händler in mehreren Schritten überprüft und die Firmware neu aufgespielt. Da dies zu keiner Lösung geführt hat, wurde ein neues Modul bestellt und verschickt. Mit diesem haben die ersten Schritte bis zur Erkennung durch externe Apps wieder funktioniert.

Nach einigen grundlegenden Programmierschritten trat ein neues Problem auf. Advertising-Pakete, welche von der App gestellt wurden, wurden nicht erkannt und erwidert. Da die Dokumentation der zugehörigen BGLib mit meinem Wissensstand in der Mikrocontroller-Programmierung nicht verständlich war, habe ich versucht von verschiedenen Seiten Informationen darüber zu bekommen. Neben persönlichen Kontakten wurden die verschiedenen Foren sowie der Hersteller direkt gefragt. An manchen Stellen konnte nicht weitergeholfen werden, an anderen blieb die Antwort komplett aus. Da die Kommunikation ohne diese Advertising-Pakete nicht aufgebaut werden kann, war an dieser Stelle kein Weiterkommen möglich.

Aus diesem Grund habe ich entschieden, ein anderes Modul zu verwenden. Das Modul von RedBearLabs Blend verwendet eine andere Library, da das BLE-Modul von einem anderen Hersteller ist. Diese war gut dokumentiert und Beispiele zu einem möglichen Weg zum Verbindungsaufbau waren gegeben. Nach Änderung aller, für das andere Modul geschriebenen, Codes konnte hier eine Verbindung etabliert und Daten gesendet werden.

Aus unerklärlichen Gründen ist jedoch an diesem Modul die Kommunikation plötzlich nicht mehr möglich gewesen. Das Modul wurde umgetauscht und funktioniert nun.

Untersuchungen am Code sowie an den eigenen Schaltkreisen, der Spannungszufuhr und der Verkabelungen haben kein Aufschluss über mögliche

Fehler, welche die Module geschädigt haben könnten, gegeben.

Ein anderes Problem war eine gute Wertaufnahme durch den Sensor. Wie beschrieben waren hierfür einige Anläufe nötig. Grundsätzlich sind es zwei Gründe, die die Verarbeitung der Daten sehr schwer machen. Der eine Grund ist die richtige Platzierung des Sensors in einer Halterung. Das komplette Gewicht der Tasche darf nur über diesen einen Druckpunkt übertragen werden. Schon eine kleine Berührung mit einem anderen Bauteil verfälscht die Werte grundlegend. Der andere Grund ist die normalen menschlichen Bewegung. Selbst wenn eine Person komplett ruhig steht, ist eine Auflagefläche, wie die Schulter, niemals bewegungslos. Allein durch ruhiges Atmen kommt es zu Bewegungen. Zusätzlich gibt der Sensor bei gleichem Gewicht in komplett unveränderten Aufnahmesituation zu verschiedenen Zeitpunkten verschiedene Werte zurück. In jeder einzelnen Situation wäre eine korrekte Ausgabe eines definierten Gewichts, durch Abändern der Steigung und des Offsets, möglich. Da die Werte jedoch mit jedem neuen Start der Anwendung schwanken, war nur eine grundlegenden Kurvenbestimmung über mehrere Testreihen möglich.

Im Nachhinein gesehen, wäre ein Aufbau mit 3 Sensoren wahrscheinlich sinnvoller gewesen. Bei Bewegungen verändert sich nur die Gewichtsverteilung auf die einzelnen Sensoren. Die Summe der Werte würde jedoch gleich bleiben. Bei einem solchen Aufbau gäbe es jedoch ein anderes Problem. Das gleiche Gewicht würde auf verschiedene Auflagepunkte drücken und somit wäre eine Doppelung gegeben. Dies dann entsprechend korrekt zu verrechnen, wäre schwierig.

Ein Ansatz, welcher in Zukunft ausprobiert werden könnte, wäre, ein anderen Sensor zu verwenden. Recherchen im Vorfeld haben ergeben, dass ein Sensor, wie der Flexiforce Sensor, am besten die Gewichtskraft zurück gibt und durch die Form am besten verbaut werden kann. Jedoch gibt es einige andere Möglichkeiten, welche ausprobiert werden könnten. Eine Federkraftwaage zum Beispiel wäre unabhängig von der Auflagefläche, ist jedoch als unverarbeitetes und an einen Mikrocontroller anschließbares Bauteil nur schwer erhältlich. Andere professionelle Gewichtssensoren sind sehr massiv und schwer. Nur wenige davon sind auch für nur so geringe Gewichtsmengen von ungefähr 10 kg ausgelegt. Daher sind auch diese Art der Sensoren nicht optimal geeignet.

6. Zusammenfassung und Fazit

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurden die Themen Internet der Dinge und Wearables erarbeitet und eine eigene Anwendung entwickelt. Wie dabei vorgegangen wurde, soll im Folgenden zusammengefasst werden.

Um der Arbeit einen eindeutigen Schwerpunkt zu geben und sie richtig zu konzeptionieren, habe ich mich als erstes mit der Ideenfindung der eigenen Anwendung auseinander gesetzt. Währenddessen erfolgte auch die Ausarbeitung des zweiten Kapitels. Dabei war das Ziel, die Thematik "Internet der Dinge" zu definieren, um eine Grundlage zu schaffen. Dazu gehören auch die möglichen Anwendungsgebiete, da diese mit der Hilfe von Beispielen die Definition im Detail unterstützen. Da die vielen Begrifflichkeiten im Rahmen der aller ersten Recherche zu einigen Verwirrungen geführt haben, habe ich es für wichtig erachtet, die klaren Grenzen zu anderen Bereichen abzustecken und diese voneinander abzugrenzen, sowie weiterführende Themengebiete aufzuzeigen. Ein wichtiger Aspekt ist auch die Auswirkung der Entwicklung auf die Gesellschaft und die voraussichtliche weitere Entwicklung dieses Thematik. Ziel in diesem Kapitel war, die weitreichende und detaillierte Forschung und Entwicklung auf einen Punkt zu bringen und verschiedene Aspekte mit einzubeziehen.

Während der Ausarbeitung des Grundlagenkapitels fiel die Entscheidung, welche Anwendung entwickelt wird. Dabei standen einige Möglichkeiten zu Verfügung, jedoch wurden viele auch schnell aus den verschiedensten Gründen verworfen. Die entwickelte Anwendung soll eine Tasche sein, welche das Taschengewicht selbstständig misst und dem Nutzer darüber Auskunft gibt. Durch den Entschluss, welche Idee umgesetzt wird, konnte dann auch ein grundlegender Aufbau geplant werden. Mit der Entscheidung für die Anwendung fiel auch die Entscheidung über den Schwerpunkt der Arbeit. Das Thema Wearables ist ein aktuelles Thema, das eine große und weitreichende Zielgruppe betrifft. Aus einer großen Anzahl an aktuellen Beispielen für Wearables habe ich versucht, aussagekräftige aus verschiedenen Themengebieten herauszusuchen und diese zu beschreiben. Mit den Beispielen im Gedächtnis können Anforderungen und Entwicklungsgrundlagen zu Ergonomie und Konzeption eines Wearables gestellt werden. Diese Bereiche werden vielfach von den verschiedenen Herstellern, Entwicklern oder Konzeptionern bearbeitet und erscheinen oft selbstverständlich, jedoch gibt es wenige klare Richtlinien. Aus diesem Grund habe ich versucht, vorhandene Grundsätze in Einklang zu bringen. Zudem erarbeitete ich einige Themen, welche im Zusammenhang mit Wearables wichtig sind. Dazu gehören Sicherheit, die Mensch-Computer-Interaktion und die Thematik des Universellen Designs. Diese Punkte sind jeder für sich sehr wichtig und ausschlaggebend für den Erfolg eines Produktes.

Die Planungsgrundlage zum Aufbau der B³ habe ich durch Recherchen zu benötigten Technologien und Geräten weiterentwickelt. Im Rahmen dessen entstand auch das vierte Kapitel über Arduino für Wearables. Dabei ging es neben Grundlagen über Arduino um Möglichkeiten für Hardware, Sensorik, Aktorik und Kommunikation und letztendlich auch schon um die Entscheidung der passenden Bauteile. Hierbei lag der Schwerpunkt vor allem auf passende Möglichkeiten speziell für tragbare Anwendungen, im Hinblick auf die definierte Anforderungen. Die ausgewählten Bauteile wurden in diesem Zusammenhang dann auch bestellt.

Die ersten Schritte der Entwicklung der B³-Tasche wurden währenddessen ausgeführt. Dazu gehörte die erste Implementierung verschiedener Teilbereiche, sowie der Aufbau des Schaltkreises. Bevor diese Schritte ausgeführt werden konnten, habe ich noch die Ziele definiert und mithilfe von bestimmten Anwendungssituationen ein Konzept erstellt. Die Entwicklung der Anwendung hat, auch aufgrund der aufgetretenen Probleme, viel Zeit in Anspruch genommen. Alle schon in den vorherigen Abschnitten beschriebenen Schritte, welche mit der Anwendung zusammen hängen, wurden im fünften Kapitel dokumentiert, aber schon während der wissenschaftlichen Ausarbeitung der Thematik durchgeführt. Neben dem Aufbau und der Programmierung galt es dann vor allem viel zu optimieren, Entscheidungen zu überdenken und zum Teil den gewählten Weg zu ändern. Dieser Entwicklungsprozess hat in der grundsätzlichen Konzeption nichts mehr geändert, jedoch geholfen, tiefer in die Entwicklung einzusteigen und einen besseren Überblick zu bekommen. Ich habe einige Tests durchgeführt, um zu den beschriebenen Ergebnissen in dem Aufbau und der Funktionalität der Anwendung zu kommen.

Das Internet der Dinge etabliert sich im alltäglichen Leben und baut seinen Einfluss auf dieses aus. Zusammenfassend kann man sagen, dass die Thematik nach wie vor brandaktuell ist und es auch noch lange bleiben wird. Das Internet der Dinge ist eine Zukunftstechnologie, welche eine große Auswirkung auf die Gesellschaft hat und vor allem noch haben wird. Wie es typisch für ein technisches Themengebiet ist, kann man nicht voraussehen, wie sich dieses weiter entwickeln wird. Jedoch voraussagbar ist, dass eine Technologie, welche den Menschen in seinen täglichen Aktionen unterstützt, eine Zukunft hat. Dies liegt zum einen an der Art des Menschen, sich etwas Unterstützendes zu eigen zu machen und zum anderen an dem Wunsch nach Informationen und Inhalten, die über die eigenen Wahrnehmung hinaus gehen. Das Internet der Dinge als Teil der Kommunikations- und Informationstechnologie hat sich hier in eine gute Richtung entwickelt. Diese Entwicklung kann jedoch nur erfolgreich weiter geführt werden, wenn verschiedene Aspekte mit einbezogen werden. Hierzu zählen zum einen die Sicherheit der entwickelten Anwendungen im Hinblick auf Privatsphäre und Datensicherheit und zum anderen Aspekte über die Entwicklung der Gesellschaft und die Auswirkung auf diese.

Wearables nehmen eine besondere Stellung in dieser Thematik an. Noch mehr als alle anderen Anwendungen der Internet der Dinge-Bereiche sind Wearables für die direkte und tagtägliche Nutzung gedacht. Es gibt Entwicklungsmöglichkeiten für Nutzer aus jeglicher Zielgruppe. Wearables lassen sich nicht grundsätzlich einem Anwendungsgebiet zuordnen. Sie sind in jeder Fachrichtung einsetzbar. Und trotzdem gibt es ganz spezielle Anforderungen an diese Produkte. Die themenübergreifende Verwendung beeinflusst die Entwicklung genauso wie es die äußeren Umstände und Anwendungssituationen tun.

Durch die Entwicklung der B³ sind aus den logischen und selbstverständlichen Anforderungen Herausforderungen geworden, die auch nur zum Teil im Rahmen dieser Arbeit umgesetzt werden konnten. Daran wird deutlich, dass solch ein Produkt nur mit der Hilfe eines Teams, welches aus Spezialisten für jeden Bereich besteht, über einen Prototyp hinaus entwickelt werden kann. Die B³ kann am ehesten dem Bereich Healthcare zugewiesen werden, da es um Prävention von Rückenproblemen durch falsches Tragen von zu viel Gewicht geht.

Durch diese Bachelorarbeit habe ich die Möglichkeit bekommen, mich mit einem Themengebiet zu beschäftigen, das durch seine Auswirkungen eine Veränderung in

der Gesellschaft und der Art des Lebens haben kann. Das ist einer der Gründe, welcher die Thematik so spannend macht. Jedoch war das intensivere Lernen durch die Entwicklung des Prototyps gegeben. Erfahrungen, die durch so eine Arbeit gesammelt werden, sind tiefer verankert, als es jede theoretische Vorgehensweise je sein kann. So unwillkommen jedes Problem ist, so lehrreich sind diese. Denn durch jede unvorhergesehene Schwierigkeit, ist die Herausforderung eine Lösung zu finden gegeben.

Literaturverzeichnis

- [1] Kevin Ashton, *That 'Internet of Things' Thing: In the real, world things matter more than ideas*. Available: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986> (2015, Apr. 19).
- [2] Leif Brand, Tim Hülser, Vera Grimm, Axel Zweck, *Internet der Dinge: Übersichtsstudie*. Düsseldorf, 2009.
- [3] H.-J. Bullinger and M.t. Hompel, Eds, *Internet der Dinge: www.internet-der-dinge.de*, 1st ed. Berlin Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg New York; Springer, 2007.
- [4] Volker P. Adelfinger, Till Hänisch, Ed, *Internet der Dinge: Technik, Trends und Geschäftsmodelle*. Wiesbaden: Springer Gabler, 2015.
- [5] D. Evans, "Das Internet der Dinge: So verändert die nächste Dimension des Internet die Welt," 2011.
- [6] "Lagerlogistik im Umbruch," *ElektroWirtschaft*, no. 06/2014, 2014.
- [7] Dirk Slama, *IoT and big data brought together in commercial use cases*. Available: <http://blog.bosch-si.com/categories/manufacturing/2014/08/internet-of-things-iot-and-big-data-brought-together-in-commercial-use-cases/> (2015, May. 17).
- [8] Prof. Dr. Tobias Kretschmer, Prof. Dr. Clemens Koob, *Internet der Dinge*. Available: <http://www.e-health-com.eu/thema-der-woche/internet-der-dinge/3c2e73c0580de3fbf92a4ab60e4b6101/> (2015, Apr. 25).
- [9] Atlantic Council, *Internetfähige Geräte im Gesundheitswesen: Chancen und Risiken*, 2015.
- [10] Franz Graser, Jürgen Sprenger, *Stephen Hawking präsentiert Intels vernetzten Rollstuhl*. Available: <http://www.egovernment-computing.de/healthcare/medizintechnik/articles/459583/> (2015, Apr. 25).
- [11] BITCON, Ed, *Studienreihe zur Heimvernetzung: Konsumentennutzen und persönlicher Komfort*. Berlin, 2008.
- [12] *Oomi smart home automation*. Available: <http://oomihome.com/> (2015, Apr. 27).
- [13] Hartmut Strese, Uwe Seidel, Thorsten Knappe, Alfons Botthof, *Smart Home in Deutschland*. Berlin, 2010.
- [14] Peter Stelzel-Morawietz, *Das Internet der Dinge: vernetzte Objekte*. Available: http://www.google.de/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fbilder.pcwelt.de%2F1934198_original.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.pcwelt.de%2Fratgeber%2FDas_Internet_der_Dinge__vernetzte_Objekte-Internet-7900744.html&h=600&w=800&tbnid=TkJ6X898abyT3M%3A&zoom=1&docid=x3uJkVyOxaXWwM&ei=u9RYVbnfO6HgyQPvw4HQBw&tbm=isch&iact=rc&uact=3&dur=292&page=5&start=96&ndsp=24&ved=0CDAQrQMwDjhk (2015, May. 17).
- [15] W. Siebenpfeiffer, *Vernetztes Automobil: Sicherheit - Car-IT - Konzepte*. Wiesbaden: Imprint: Springer Vieweg, 2014.
- [16] Juan M. Corchado, Dante I. Tapia, José Bravo, *3rd Symposium of Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence 2008*. Berlin: Springer-Verlag, 2006.
- [17] *SafeWander*. Available: <http://www.safewander.com/> (2015, May. 04).
- [18] Prof. Dr. Kagermann, Prof. Dr. Wahlster, Prof. Dr. Helbig, Ed, *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0: Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0*. Frankfurt/Main, 2013.
- [19] Bundesministerium für Bildung und Forschung, "Zukunftsbild „Industrie 4.0“:

- Hightech-Strategie," http://www.bmbf.de/pubRD/Zukunftsbild_Industrie_40.pdf.
- [20] ITWissen, *ICT (Information and communication technology): IuK (Informations- und Kommunikationstechnik)*. Available: <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/ICT-Informationen-und-Kommunikationstechnik-IuK-information-and-communication-technology.html> (2015, May. 11).
- [21] J. Höller, V. Tsiatsis, C. Mulligan, S. Avesand, S. Karnouskos, and D. Boyle, *From Machine-to-Machine to the Internet of Things: Introduction to a New Age of Intelligene*. Amsterdam, Boston: Academic Press, 2014.
- [22] Dr. Susanne Schnorr-Bäcker, "Moderne Informations- und Kommunikationstechnologie in Deutschland: Entwicklung in Wirtschaft und Gesellschaft," *Destatis*, 2006.
- [23] ITWissen.info, *HMI (human machine interface): Benutzerschnittstelle*. Available: <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/human-machine-interface-HMI-Mensch-Maschine-Schnittstelle.html> (2015, May. 11).
- [24] Donald A. Norman, *The Design of Everyday Things*. New York: Doubleday Dell Publishing Group, 1988.
- [25] R. Gessler, *Entwicklung Eingebetteter Systeme: Vergleich von Entwicklungsprozessen für FPGA- und Mikroprozessor-Systeme Entwurf auf Systemebene*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014.
- [26] Sidi Bakhkhat, Franziska Böde, Matthias Brucke, Knut Degen, Dr. Christof Ebert, Ingrid Einsiedler, Dr. Ciwan Gouma, Dr. Fred Grunert, Ralf Möllers, Jürgen Niehaus, Klaus Renger, Sebastian Richter, Stephan Rupp, Jürgen Salecker, Roland Stein, Oliver Winzenried, Stephan Ziegler, "Eingebettete Systeme - Ein strategisches Wachstumsfeld für Deutschland: Anwendungsbeispiele, Zahlen und Trends," 2010.
- [27] Manfred Broy, Ed, *Cyber-physical Systems: Innovation durch Softwareintensive eingebettete Systeme*. München: Springer, 2010.
- [28] acatech, Ed, *Cyber-Physical Systems: Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion*. München: Springer, 2011.
- [29] Manuel Bischof, "Künstliche Intelligenz," 2010.
- [30] W. Ertel, *Grundkurs Künstliche Intelligenz: Eine praxisorientierte Einführung*, 3rd ed. Wiesbaden: Imprint: Springer Vieweg, 2013.
- [31] Bernd Kling, *Künstliche Intelligenz: Memristoren als Basis für neuronale Netze*. Available: <http://www.zdnet.de/88234794/kuenstliche-intelligenz-memristoren-als-basis-fuer-neuronale-netze/> (2015, May. 18).
- [32] "Entwicklung digitaler Technologien.: Die Zukunft der Wirtschaft ist digital," <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/entwicklung-konvergenter-ikt,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>, 2014.
- [33] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie and R. Öffentlichkeitsarbeit, *BMWi - Internet der Dienste*. Available: <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Digitale-Welt/Digitale-Technologien/internet-der-dienste.html> (2015, May. 14).
- [34] Christian Buck, *Der Dialog der Dinge*. Available: <http://www.siemens.com/innovation/de/home/pictures-of-the-future/digitalisierung-und-software/internet-der-dinge-eingebettete-systeme.html> (2015, May. 14).
- [35] D. Uckelmann, M. Harrison, and F. Michahelles, *Architecting the Internet of*

- Things*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2011.
- [36] Zhenyu Wu, Timo Itälä, Tingan Tang, Zhang Chunhong, Yang Ji, Matti Härmäläinen, Liu Yunjie, "Gateway as a Service: A Cloud Computing Framework for Web of Things," School of Information and Telecommunications und Dept. of Computer Science and Engineering, BUPT und Aalto University, Beijing, China und Espoo, Finnland, 2012.
 - [37] Dr. Dietz, *Bekanntmachung- G-Lab - Studien und Experimentalplattform für das Internet der Zukunft*. Bonn, 2008.
 - [38] *Trends in der IT - Internet der Dinge*. Available: http://trends-in-der-it.de/?Fachartikel/Internet_der_Dinge (2015, May. 16).
 - [39] Klaus Hauptfleisch, *Über Machine-to-Machine und Internet der Dinge zur Industrie 4.0*. Available: <http://www.computerwoche.de/a/ueber-machine-to-machine-und-internet-der-dinge-zur-industrie-4-0,3068010> (2015, May. 18).
 - [40] Paul Brody, veena pureswaran, "Device democracy: Saving the future of the Internet of Things," 2015.
 - [41] "7 Things You Should Know About Wearable Technology," EDUCAUSE, Louisville, US, 2013.
 - [42] J. McCann, D. Bryson, Ed, *Smart clothes and wearable technology*. Oxford, Cambridge, New Delhi: Woodhead publishing limited, 2009.
 - [43] John Hewitt, *Smart tattoo generates electricity from sweat, could power future wearable computers*. Available: <http://www.extremetech.com/extreme/188088-smart-tattoo-generates-power-from-sweat> (2015, May. 27).
 - [44] M. Weigel, T. Lu, G. Bailly, A. Oulasvirta, C. Majidi, and J. Steimle, "iSkin: Flexible, Stretchable and Visually Customizable On-Body Touch Sensors for Mobile Computing," pp. 1–10.
 - [45] Katia Cánepa Vega, *Hairware*. Available: <http://katiavega.com/?page-portfolio=hairware> (2015, May. 24).
 - [46] Lisa Lang, *ElektroCouture: Bespoke Wearable Fashion Technologies*. Available: <http://www.elektrocouture.com/> (2015, May. 19).
 - [47] Wallen Mphepo, *Volvorii Timeless: The world's most elegant evolution in fashion tech. MIT inspired. Dragon Innovation Certified*. Available: <https://www.indiegogo.com/projects/volvorii-timeless> (2015, May. 24).
 - [48] Werner Pluta, *Volvorii Timeless: Ein Schuh mit Display*. Available: <http://www.golem.de/news/volvorii-timeless-ein-schuh-mit-display-1503-113057.html> (2015, May. 24).
 - [49] Lechal, *Lechal*. Available: <http://lechal.com/index.html> (2015, May. 24).
 - [50] Hövding, *Hövding - Airbag for cyclists*. Available: <http://www.hovding.de/> (2015, May. 24).
 - [51] Valedo, *Valedo - Bewegung für einen gesunden Rücken*. Available: <http://www.valedotherapy.com/> (2015, May. 24).
 - [52] BitBite, *BiteBite - Mindful Eating*. Available: <http://www.thebitbite.com/> (2015, May. 24).
 - [53] Amanda Kooser, *This wacky bra changes colors when a buddy touches it*. Available: <http://www.cnet.com/news/this-wacky-bra-changes-colors-when-a-buddy-touches-it/> (2015, Jun. 19).
 - [54] Emiota, *Wear Bely*. Available: <http://www.wearbelty.com/> (2015, Jun. 19).
 - [55] Kristina Ortega, Jenny Rodenhouse, *Future of Wearable Services*. Available: <http://cargocollective.com/futureofwearableservices/Sensor-Nails> (2015, Jun. 19).

- [56] Steve Mann, *Definition of "wearable computer"*. Available: <http://wearcam.org/wearcompdef.html> (2015, May. 27).
- [57] Francine Gemperle, Chris Kasabach, John Stivoric, Malcolm Bauer, Richard Martin, "Design for Wearability," Institute for Complex Engineered Systems, Carnegie Mellon University, Pittsburg, 1998.
- [58] G. Bieber, *Design Principles For Building Better Wearables*. Available: <http://techcrunch.com/2015/03/16/wearables-design-principles/> (2015, May. 27).
- [59] SV SparkassenVersicherung, *SV Copilot*. Available: <https://www.sparkassenversicherung.de/content/privatkunden/produkte/auto/copilot/> (2015, Jul. 09).
- [60] David Sancho, *The Security Implications of Wearables*. Available: <http://blog.trendmicro.com/trendlabs-security-intelligence/the-security-implications-of-wearables-part-1/> (2015, May. 30).
- [61] E. Steinfeld and J. L. Maisel, *Universal design: Creating inclusive environments*. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, 2012.
- [62] John Brownlee, *Why We Need A Haptic Design Language For Wearables*. Available: <http://www.fastcodesign.com/3043795/why-we-need-a-haptic-design-language-for-wearables> (2015, May. 28).
- [63] University of Cambridge, *Inclusive Design Toolkit*. Available: <http://www.inclusivedesigntoolkit.com/betterdesign2/> (2015, May. 28).
- [64] D. Zühlke, *Nutzergerechte Entwicklung von Mensch-Maschine-Systemen: Useware-Engineering für technische Systeme*, 2nd ed. Heidelberg: Springer, 2012.
- [65] *Arduino*. Available: <http://www.arduino.cc/> (2015, Jun. 01).
- [66] TinyCircuits, *TinyCircuits*. Available: <https://tiny-circuits.com/> (2015, Jun. 03).
- [67] Intel®, *Curie™ Module: Unleashing Wearable Device Innovation*. Available: <http://www.intel.com/content/www/us/en/wearables/wearable-soc.html> (2015, Jun. 02).
- [68] Adafruit, *Adafruit Industries, Unique & fun DIY electronics and kits*. Available: <https://www.adafruit.com/> (2015, Jun. 02).
- [69] F. Riemenschneider, *Prozessoren für Wearables und Internet der Dinge*. Available: <http://www.elektroniknet.de/halbleiter/prozessoren/artikel/110185/> (2015, Jun. 02).
- [70] Microduino Studios, *Microduino*. Available: <https://www.microduino.cc/> (2015, Jun. 02).
- [71] RedBearLab, *Blend*. Available: <http://redbearlab.com> (2015, Jun. 29).
- [72] ITWissen, *Sensor*. Available: <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Sensor-sensor.html> (2015, Jun. 04).
- [73] ITWissen, *Aktor*. Available: <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Aktor-actuator.html> (2015, Jun. 04).
- [74] J. Langer and M. Roland, *Anwendungen und Technik von Near Field Communication (NFC)*. Berlin, New York: Springer, 2010.
- [75] G. Madlmayr, J. Langer, C. Kantner, and J. Scharinger, "NFC Devices: Security and Privacy," pp. 642–647.
- [76] Temboo Inc, *Temboo*. Available: <https://temboo.com/> (2015, Jun. 05).
- [77] ThingSpeak, *ThingSpeak*. Available: <https://thingspeak.com/> (2015, Jun. 05).
- [78] M. Sauter, *Grundkurs Mobile Kommunikationssysteme: LTE-Advanced, UMTS, HSPA, GSM, GPRS, Wireless LAN und Bluetooth*, 6th ed. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2015.

- [79] Bluetooth SIG Proprietary, *Specification of the Bluetooth System, v4.2*, 2014.
- [80] ZigBee Alliance, *The ZigBee Alliance*. Available: <http://www.zigbee.org> (2015, Jun. 09).
- [81] Arduino, *Arduino Playground*. Available: <http://playground.arduino.cc/> (2015, Jun. 05).
- [82] adam, *Presseinformation_orthonet_Handtaschen*. Mönchengladbach, 2012.
- [83] Tekscan, *FlexiForce: Standard Force & Load Sensor Model A401*. Available: <https://www.tekscan.com/sites/default/files/resources/FLX-%20A401-%20B.pdf> (2015, Jun. 13).
- [84] Precision Microdrives, *310-101: 10mm Shaftless Vibration Motor, 3.4mm Button Type*. Available: <https://catalog.precisionmicrodrives.com/order-parts/datasheet/310-103-10mm-vibration-motor-3mm-type> (2015, Jun. 13).
- [85] Evothings, *Evothings*. Available: <http://evothings.com/> (2015, Jul. 18).
- [86] Learning about Electronics, *Vibration Motor Circuit*. Available: <http://learningaboutelectronics.com/Articles/Vibration-motor-circuit.php> (2015, Jul. 18).
- [87] Tyler McGahee, *Flexiforce Pressure Sensor A201 with Arduino*. Available: <http://www.seraphdrone.com/blog/flexiforce-pressure-sensor-with-arduino> (2015, Jul. 18).

Anhang A: Arduino Code

```
/* (C) Thea Schrenk SS 2015 HS Offenburg Bachelorthesis
Programm der B3-Anwendung
Verarbeitung von Input von Gewichtssensor und Output zu Vibrationsmotor.
Kommunikation zur App per Blowtooth Low Energy

grundlegende Funktionalität nach:
    Seraphdrone.com/blog/flexiforce-pressure-sensor-with-arduino
    und evthings.com
*/

// BLE-Bibliotheken
#include <SPI.h>
#include <boards.h>
#include <RBL_nRF8001.h>
#include <services.h>

//Kalibrier-Werte
float calResistance = 190.45 ;//190.45
float calForceInLbs = 25.570; //25.13;
float D;
float R2 = 91000.0;
float kTimesTen = 9.1;

//weightSesorPin ist an den analogen Pin 0 angeschlossen
float fsrPin = A0;

//Analoger Input von Gewichtssensor
float WeightInput;

// Taschengewichts-Variable
float weightInLbs, weightInKg =0;

//eingegebenes Körpergewicht
float bodyweight=60.0;

//Vibrationsmotor ist an Pin 3 angeschlossen
const int motorPin = 3;

//Alarm aktiv oder inaktiv
boolean aktiv = true;

//Variable um in eingegebenem Abstand an Gewicht zu erinnern
boolean rememberWeight = true;

//Variable, welche überprüft, ob die Tasche gerade erst hoch genommen wurde
, true wenn neu hochgenommen, false wenn schon auf der Schulter
boolean newWeight = true;

// Timer für Seitenwechsel
long timeBeforChange = 0;
long timeIntervallChange = 1200000; //20 Minuten

// Timer für Gewicht
long timeBeforWeight = 0;
```

```

long timeIntervallWeight = 300000; //5 Minuten

//Variablen zum senden der Daten
int counter = 0;
int tempCounter = 0;
float sendingData[16];

// Variablen zur Errechnung des Mittelwertes
int x=0;
float result;
float result2;
int averageNumber = 50;
float average [150];
float averageData;
float averageData2;

void setup() {
    //Datenraten in Bits/sec
    Serial.begin(9600); //115200

    // Pin 3 wird als Output definiert
    pinMode(motorPin, OUTPUT);

    // fsrPin (Pin A0) wird als Input definiert
    pinMode(fsrPin, INPUT);

    // Initialize BLE library.
    ble_begin();
    // Set a custom BLE name.
    ble_set_name("RBLBlendB3");
    Serial.println("ble_begin done!");

    // Berechnung einer Variable für die Interpretation des Gewichtssensors
    D = calForceInLbs * calResistance / R2 / (10.0 - kTimesTen) * 10.0;

    // Belegen des Arrays der sendenden Daten
    for(int x = 0 ; x < 16 ; x ++){
        sendingData[x] = 0.0;
    }

    void loop() {

        //Einlesen des Inputs über den Gewichtssensor
        WeightInput = analogRead (fsrPin);

        //Verrechnen des analogen Wertes
        weightInLbs = 100*(D * (kTimesTen/10.0-(WeightInput/1023.0)));
        weightInKg = (weightInLbs / 2.2046);
        delay(50);

        // Erstellen eines Array mit x (averageNumber) Werte
        if (weightInKg > 0){
            if (x<averageNumber){
                average [x] = weightInKg; //1.5*weightInKg-0.5
                x++;
            }else {
                x = 0;
            }
        }
    }
}

```

```

//BLE Kommunikation - Lesen von 3 Variablen
while(ble_available()) {

    int readInput1 = ble_read();
    bodyweight = readInput1;
    int readInput2 = ble_read();
    if (readInput2 == 1)
    {
        activ = true;
    }
    else if (readInput2 == 0)
    {
        activ = false;
    }
    else {
    }
    int readInput3 = ble_read();
    timeIntervallChange = readInput3*60000;
}
ble_do_events();

// Errechnen eines Durchschnitts
counter = counter +1;
if (counter == averageNumber){
    result = 0;
    for (int y =0;y<averageNumber;y++){
        result = result + average[y];
    }
    averageData = result/averageNumber; /*1,15-0,2

    //Gewicht wird in Array geschrieben
    sendingData[0] = averageData*1.15-0.2;

    // BLE Kommunikation - Senden der Daten
    ble_write_bytes((byte*)&sendingData[0], 8);
    counter = 0;
}

// Process BLE events.
ble_do_events();

// Prüfen ob das Gewicht gerade noch 0 war, also ob die Tasche neu
aufgesetzt wird.
if (WeightInput > 900) {
    newWeight = true;
}
else {

}

// Wenn
// 1. Die Tasche neu platziert wird (newWeight == true) ODER
// 2. An das Gewicht der Tasche nach einem bestimmten Zeitraum erinnert
    werden soll (rememberWeight == true) UND
// 3. zusätzlich der Alarm aktiv gesetzt ist (activ == true) UND
// 4. die Tasche zu schwer, also mehr wie 10% des Körpergewichts ist
    (WeightinKG>0.1*bodyweight)
// --> vibriert der Motor
if (newWeight == true || rememberWeight == true) {
    if ((averageData > 0.1 * bodyweight) && (activ == true)) {

```

```

        for (int b =0; b<averageNumber; b++){
            average[b] =0;
        }
        averageData = 0;
        vibrateWeight();
        newWeight = false;
        rememberWeight = false;
    }
}

// Timer welcher prüft ob es Zeit für eine Erinnerung an das zu schwere
Gewicht ist
unsigned long timeActualWeight = millis();
if (timeActualWeight - timeBeforWeight > timeIntervallWeight) {
    timeBeforWeight = timeActualWeight;
    rememberWeight = true;
}

//Timer für die Vibration, welche an Seitenwechsel erinnert
unsigned long timeActualChange = millis();
if (timeActualChange - timeBeforChange > timeIntervallChange) {
    if (activ == true){
        timeBeforChange = timeActualChange;
        vibrateChange();
        Serial.println("vibrateChange");
    }
}
}

//Funktion für Vibration bei zu hohem Gewicht
void vibrateWeight() {
    digitalWrite(motorPin, HIGH);
    delay(3000);
    digitalWrite(motorPin, LOW);
    delay(3000);
    digitalWrite(motorPin, HIGH);
    delay(3000);
    digitalWrite(motorPin, LOW);
}

//Funktion für Vibration für Seitenwechsel
void vibrateChange() {
    digitalWrite(motorPin, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(motorPin, LOW);
    delay (300);
    digitalWrite(motorPin, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(motorPin, LOW);
    delay (300);
    digitalWrite(motorPin, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(motorPin, LOW);
    delay (300);
    digitalWrite(motorPin, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(motorPin, LOW);
    delay (300);
}

```

Anhang B: JavaScript Code

```
//globale Variablen
var ble = null;
var bagWeight = 3.7;           //von Prozessor an JS
var shouldVibrate = true;     //von JS an Prozessor
var maxWeight=11.11;
var bodyWeight=77.77;         //von JS an Prozessor gewicht
var outputVibration = 'ja';
var timeSpan = 20;           //von JS an Prozessor
var receivingData = {};
var stopLight = true;

/**
 * wird bei onload aufgerufen
 */
$(document).ready( function()
{
    console.log('in document ready. Groese anpassen');
    // passt Canavs an, wenn Seite neu dimensioniert wird.
    $(window).resize( respondCanvas );
    // passt Canvas an, wenn sie geladen wird
    respondCanvas();
});

/**
 * Passt Canvas dem Container an.
 */
function respondCanvas()
{
    console.log('respond canvas');
    var canvas = $('#canvas');
    var container = $(canvas).parent();
    canvas.attr('width', $(container).width() );
}

/**
 * Ließt Körpergewicht ein und errechnet maximales Gewicht.
 * Dieses und das aktuelle Taschengewicht werden ausgegeben
 */
function weightFunction()
{
    bodyWeight = document.getElementById("bodyWeightInput").value;
    maxWeight = (0.1)*bodyWeight;
    document.getElementById("maxWeightOutput").innerHTML = "Das maximale  
Gewicht, dass sie tragen sollten beträgt: "+ maxWeight + " kg";
    document.getElementById("actualWeightOutput").innerHTML =  
    bagWeight.toFixed(2)+" kg";
    document.getElementById("bodyWeightField").innerHTML =  
    "Körpergewicht: "+ bodyWeight + " kg";
}

function timeSpanFunction()
{
    timeSpan = document.getElementById("timeSpanInput").value;
    document.getElementById("timeSpanOutput").innerHTML = "Zeit für  
Schulterwechsel: "+ timeSpan + " min";
}

/**
 * Blendet Ampel ein
 */
```

```

* und setzt die richtige Farbe
*/
function stopLightFadeIn(){
    document.getElementById('stopLightRed').style.visibility = 'visible';
    document.getElementById('stopLightYellow').style.visibility = 'visible';
    document.getElementById('stopLightGreen').style.visibility = 'visible';

    if(bagWeight>maxWeight)
    {
        document.getElementById('stopLightRed').style.backgroundColor =
            "red";
        document.getElementById('stopLightYellow').style.backgroundColor =
            "rgb(167,124,16)";
        document.getElementById('stopLightGreen').style.backgroundColor =
            "rgb(0,48,30)";
    }else if(maxWeight>=bagWeight && bagWeight>=maxWeight-1)
    {
        document.getElementById('stopLightRed').style.backgroundColor
        = "rgb(89,17,15)";
        document.getElementById('stopLightYellow').style.backgroundColor
        = "yellow";
        document.getElementById('stopLightGreen').style.backgroundColor
        = "rgb(0,48,30)";
    }else
    {
        document.getElementById('stopLightRed').style.backgroundColor
        = "rgb(89,17,15)";
        document.getElementById('stopLightYellow').style.backgroundColo
        r = "rgb(167,124,16)";
        document.getElementById('stopLightGreen').style.backgroundColor
        = "green";
    }
}

/**
* Blendet Ampel aus
*/
function stopLightFadeOut(){
    document.getElementById('stopLightRed').style.visibility = 'hidden';
    document.getElementById('stopLightYellow').style.visibility = 'hidden';
    document.getElementById('stopLightGreen').style.visibility = 'hidden';
}

/**
* Ruft Unterseite "Einstellungen" auf.
*/
function settingFadeIn(){
    stopLight = false;
    document.getElementById('settings').style.visibility = 'visible';
    document.getElementById('settingButton').style.visibility = 'hidden';
    document.getElementById('mainApplication').style.visibility = 'hidden';
    stopLightFadeOut();
}

/**
* Blendet Unterseite "Einstellung" aus.
*/
function settingsFadeOut(){
    document.getElementById('settings').style.visibility = 'hidden';
    document.getElementById('settingButton').style.visibility = 'visible';

```

```

        document.getElementById('mainApplication').style.visibility =
            'visible';
        stopLight = true;
        stopLightFadeIn();
        this.scrollTo(0,0);
    }

    /**
     * Fragt über PopUp die Vibrationseinstellung ab.
     */
    function showVibrationDialog()
    {
        navigator.notification.confirm(
            'Soll die B³ eine Rückmeldung über Vibration geben?',
            function(buttonIndex) {
                shouldVibrate = (1 == buttonIndex) ? true : false
                if (shouldVibrate == true)
                {
                    outputVibration = 'ja';
                } else
                {
                    outputVibration = 'nein';
                }
                document.getElementById("vibration").innerHTML =
                    "Vibriieren: "+outputVibration;
            },
            'Vibrationsalarm',
            ['Ja', 'Nein']
        );
    }

    /**
     * Aktualisiert die Werte der Inhaltsfelder
     */
    function updateInput()
    {
        console.log('in updateInput');
        document.getElementById("vibration").innerHTML = "Vibriieren:
            "+outputVibration;
        document.getElementById("maxWeightOutput").innerHTML = "Das maximale
            Gewicht, dass sie tragen sollten beträgt: "+ maxWeight +" kg";
        document.getElementById("actualWeightOutput").innerHTML =
            bagWeight.toFixed(2) +" kg";
        document.getElementById("bodyWeightField").innerHTML =
            "Körpergewicht: "+ bodyWeight +" kg";
        document.getElementById("timeSpanOutput").innerHTML = "Zeit für
            Schulterwechsel: "+ timeSpan +" min";
    }

    /**
     * Objekt: app
     */
    var app =
    {
        knownDevices: {},

        connectee: null,

        deviceHandle: null,
    }

```

```

characteristicRead: null,
characteristicWrite: null,
descriptorNotification: null,

initialize: function()
{
    document.addEventListener(
        'deviceready',
        function() { evthings.scriptsLoaded(app.onDeviceReady)},
        false);
},

onDeviceReady: function()
{
    ble = evthings.ble; // Evthings BLE plugin
    app.startScan();
},

startScan: function()
{
    console.log('Scanning...');
    evthings.ble.startScan(
        function(deviceInfo)
        {
            if (app.knownDevices[deviceInfo.address])
            {
                return;
            }
            console.log('found device: ' + deviceInfo.name);
            app.knownDevices[deviceInfo.address] = deviceInfo;

            if (deviceInfo.name == 'RBLBlendB3' && !app.connectee)
            {
                console.log('Found arduinoble');
                connectee = deviceInfo;
                app.connect(deviceInfo.address);
            }
        },
        function(errorCode)
        {
            console.log('startScan error: ' + errorCode);
        }
    ));
},

connect: function(address)
{
    evthings.ble.stopScan();
    console.log('Connecting...');
    evthings.ble.connect(
        address,
        function(connectInfo)
        {
            if (connectInfo.state == 2)
            {
                console.log('Connected');
                app.deviceHandle = connectInfo.deviceHandle;
                app.getServices(connectInfo.deviceHandle);
            }
        }
    );
}

```



```

    },
    function(errorCode)
    {
        console.log('connect error: ' + errorCode);
        location.reload(false);
    });
},

sendSettings: function()
{
    app.write(
        'writeCharacteristic',
        app.deviceHandle,
        app.characteristicWrite,
        new Uint8Array([bodyWeight, shouldVibrate, timeSpan]));
},

write: function(writeFunc, deviceHandle, handle, value)
{
    if (handle)
    {
        ble[writeFunc](
            deviceHandle,
            handle,
            value,
            function()
            {
                console.log('writeFunction: ' + writeFunc + ': ' + handle +
                    ' success. value: ' + value[0] + ', ' + value[1] + ',
                    ' + value[2]);
            },
            function(errorCode)
            {
                console.log('writeFunction: ' + writeFunc + ': ' +
                    handle + ' error: ' + errorCode);
            });
    }
},

startReading: function(deviceHandle)
{
    console.log('Enabling notifications');
    // Benachrichtigungen aktivieren
    app.write(
        'writeDescriptor',
        deviceHandle,
        app.descriptorNotification,
        new Uint8Array ([1,0]));

    // Benachrichtigungen lesen
    evotings.ble.enableNotification(
        deviceHandle,
        app.characteristicRead,
        function(data)
        {
            app.receiveData(data);
        },
        function(errorCode)
        {
            console.log('enableNotification error: ' + errorCode);
        }
    );
}

```

```

    });
},
receivedData: function(dataArray)
{
    receivingData[1] = new DataView(dataArray).getFloat32(0, true);
    bagWeight = receivingData[1];
    console.log('Taschengewicht: '+bagWeight.toFixed(2));
    document.getElementById("actualWeightOutput").innerHTML =
        bagWeight.toFixed(2) + " kg";

    if ( stopLight == true){
        stopLightFadeIn();
    }
    else
    {
        stopLightFadeOut();
    }
},

getServices: function(deviceHandle)
{
    console.log('Reading services...');
    evthings.ble.readAllServiceData(deviceHandle, function(services)
    {
        // Characteristics und Descriptor Handlers
        for (var si in services)
        {
            var service = services[si];

            for (var ci in service.characteristics)
            {
                var characteristic = service.characteristics[ci];
                if (characteristic.uuid == '713d0002-503e-4c75-ba94-3148f18d941e')
                {
                    app.characteristicRead = characteristic.handle;
                }
                else if (characteristic.uuid == '713d0003-503e-4c75-ba94-3148f18d941e')
                {
                    app.characteristicWrite = characteristic.handle;
                }

                for (var di in characteristic.descriptors)
                {
                    var descriptor = characteristic.descriptors[di];
                    if (characteristic.uuid == '713d0002-503e-4c75-ba94-3148f18d941e' &&
                        descriptor.uuid == '00002902-0000-1000-8000-00805f9b34fb')
                    {
                        app.descriptorNotification = descriptor.handle;
                    }
                }
            }
        }

        if (app.characteristicRead && app.characteristicWrite &&
            app.descriptorNotification)
        {

```

```

        console.log('RX/TX services found.');
```

```

        app.startReading(deviceHandle);
    }
    else
    {
        console.log('ERROR: RX/TX services not found!');
    }
},
function(errorCode)
{
    console.log('readAllServiceData error: ' + errorCode);
});
},

openBrowser: function(url)
{
    window.open(url, '_system', 'location=yes')
}

};

// Initialisieren der App
app.initialize();

```

Anhang C: Geräteliste

Funktion	Name	Spezifikationen
Hauptmodule und Bauteile		
Prozessor + Bluetooth Low Energy Modul	RdBearLab Blend	Atmel ATmega32U4, Nordic nRF80013,3 - 5 V, 16 MHz, 32 kB Flash, 2,5 kB SRAM, 2 kB EEPROM, 73 x 54 x 12 mm, 19 g, 20 I/O Pins (14 digital, 6 analog)
Vibrationsmotor	Precision Microdrivers 310-101	2,5-3,8V, 12000 rpm, 75mA, vibration Amplitude 0,8
Gewichtssensor	Flexiforce A401	0-25 lb (=12,5 kg)
Bauteile für Schaltkreis		
Op	TLV 2462CP	rail to rail, 6GHz gain, 1,6V/μs, bis 80 mA Output
Widerstand		1x 33 Ohm, 1x 1 kOhm, 2x 91 kOhm, 1x 10 kOhm
Transistor	2N2222 NPN	40 V, 800 mA
Diode	1N4001	1 A, V _{RRM} = 50V, -55-175 °C
Keramikkondensator		0,1 μF
Zubehör		
Kabel		Jumperwire mit 2x male, Klingeldraht
Lochrasterplatine		2,45 mm Rastermaß, mit Kuffer-Auflage
Batterie mit Halterung		9V
Lötzubehör		
Bauteile für Halterung		

Eidesstattliche Erklärung zur Bachelorarbeit

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und nur unter Benutzung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Wörtlich übernommene Sätze oder Satzteile sind als Zitat belegt, andere Anlehnungen hinsichtlich Aussage und Umfang unter Quellenangabe kenntlich gemacht. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen und ist nicht veröffentlicht.

Waiblingen, den 26.07.2015

Thea Schrenk